

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Ю.В. Минеева**

**Конспект лекций  
по дисциплине «Транспортные средства»  
Часть 1. «Конструкционные свойства  
транспортных средств»**

(для подготовки бакалавров 1 курса дневной и 2 курса  
заочной форм обучения направления подготовки  
6.070101 – «Транспортные технологии»)

Харьков – ХНАГХ - 2009

Конспект лекций по дисциплине «Транспортные средства» Часть 1. «Конструкционные свойства транспортных средств». (для подготовки бакалавров 1 курса дневной и 2 курса заочной форм обучения направления подготовки 6.070101 – «Транспортные технологии») // Авт. Минеева Ю.В. – Харьков: ХНАГХ, 2009. – 99 с.

Автор: Ю.В.Минеева

Рецензент: В.Ф. Далека, профессор кафедры электрического транспорта ХНАГХ, доктор техн. наук

Конспект лекций предназначен для студентов специальностей «Транспортные системы», «Организация и регулирование дорожного движения», «Организация перевозок и управление на транспорте» с целью формирования основ знаний в области транспортных средств, а также для ознакомления с их конструкционными свойствами.

Рекомендовано кафедрой электрического транспорта  
протокол № 11 от 28. 04. 2009 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Человечество во все времена искало возможности для перемещения на большие расстояния при минимальных временных затратах. Первоначально для этого использовались животные, позже стали создаваться механические средства для перевозки людей и грузов по земле, воде и воздуху. В нашу эпоху наиболее массовым наземным транспортным средством является автомобиль

**Автомобиль** — наземное безрельсовое механическое транспортное средство, приводимое в действие собственным двигателем и имеющее не менее четырех колес. В ряде случаев к автомобилям относят и трехколесные транспортные средства, если их масса превышает 400 кг.

Источник энергии для работы двигателя может находиться непосредственно на автомобиле (топливо в баках, электрическая энергия тяговых аккумуляторных батарей) либо подводиться от стационарных устройств (контактная сеть троллейбуса).

Многомиллионный автомобильный рынок характеризуется значительным количеством производителей автомобилей, многообразием конструкций, созданных для использования в различных сферах деятельности человека: перевозка грузов и пассажиров, активное проведение досуга. Автомобиль может быть предметом массового потребления, средством для занятий спортом, носителем различных видов вооружений и т. д. На первый взгляд, многообразие сфер применения и задач, которые должны решаться с помощью автомобиля, приводит к хаотичному развитию автомобильных конструкций. В действительности автомобильный мир живет по достаточно жестким правилам, и, чтобы понять эти правила, надо сначала разобраться, какие требования предъявляются к конструкции автомобиля и кто эти требования выдвигает.

Требования к конструкции современного автомобиля выдвигаются обществом, владельцем и изготовителем автомобиля.

Общество обеспокоено тем, чтобы автомобиль не представлял

повышенной опасности для людей, не загрязнял чрезмерно окружающую среду.

Владелец автомобиля желает, чтобы он сам, его пассажиры или груз были быстро, безопасно и с наименьшими затратами доставлены к пункту назначения. При этом современный автомобиль во многих случаях рассматривается владельцем не только как транспортное средство, но и как материальный предмет, который должен доставлять ему эстетическое удовольствие своим внешним видом, обеспечивать комфорт при использовании, подчеркивать уровень его благосостояния и т. п.

Производитель автомобиля, учитывая требования общества, стремится привести в соответствие конструкцию автомобиля и желания будущего владельца, а также снизить себестоимость его производства.

На этапе производства изготовитель также предъявляет требования к соответствию разработанной конструкции технологическим возможностям заводов, патентной чистоте изделия и проч., позволяющие обеспечивать в конечном итоге конкурентоспособность выпускаемых автомобилей.

Кроме того, требования к конструкции существенно зависят от условий эксплуатации, т. е. на каких дорогах, в каких климатических зонах будет эксплуатироваться автомобиль, каких пассажиров или какие грузы предполагается перевозить.

Анализ весомости требований, выдвигаемых обществом, владельцем, изготовителем показывает, что требования первой стороны обязательны для выполнения и отражены в государственных нормативных актах (законодательные ограничения). Прочие требования к конструкции автомобиля диктует будущий владелец, покупая тот автомобиль, который удовлетворяет его требованиям в наибольшей степени. Требования изготовителя к конструкции являются вторичными, т.е. направлены на удовлетворение наибольшего количества требований будущих владельцев.

Автомобиль, удовлетворяющий требования владельца, общества и изготовителя, наиболее полно считается самым эффективным и качественным.

Качество автомобиля определяется совокупностью его свойств, определяющих способность удовлетворять заданным требованиям в определенных условиях эксплуатации.

Все свойства автомобиля можно разбить на три группы: функциональные, потребительские и свойства общественной безопасности.

**Функциональные свойства** определяют способность автомобиля эффективно выполнять свою основную функцию — перевозку людей, грузов, оборудования, т. е. характеризуют автомобиль как транспортное средство. К этой группе свойств, в частности, относятся:

- тягово-скоростные свойства — способность двигаться с высокой средней скоростью, интенсивно разгоняться, преодолевать подъемы;
- управляемость и устойчивость — способность автомобиля изменять (управляемость) или поддерживать постоянными (устойчивость) параметры движения (скорость, ускорение, замедление, направление движения) в соответствии с действиями водителя;
- топливная экономичность — путевой расход топлива в заданных условиях эксплуатации;
- маневренность — способность двигаться на ограниченных площадях (например, на узких улицах, во дворах, паркингах);
- проходимость — возможность двигаться в тяжелых дорожных условиях (снег, распутица, преодоление водных преград и т. п.) и по бездорожью;
- плавность хода — способность двигаться по неровным дорогам при допустимом уровне вибровоздействия на водителя, пассажиров и на сам автомобиль;
- надежность — безотказная эксплуатация, длительный срок службы, приспособленность к проведению технического обслуживания и ремонта автомобиля.

**Комплекс потребительских свойств** характеризуется способностью удовлетворять требования владельца автомобиля (водителя, пассажира), не

связанные непосредственно с эффективностью выполнения транспортного процесса. В этом случае автомобиль рассматривается не как транспортное средство, а как личная собственность владельца, часть его образа жизни. Перечень потребительских свойств автомобиля каждым человеком определяется индивидуально. К потребительским свойствам можно отнести:

- уровень комфорта при использовании — сложное свойство, определяемое удобством посадки, входа-выхода, наличием систем регулирования температуры (отопитель, кондиционер, климат-контроль), качеством аудиосистемы, наличием сервоприводов (электроподъемники стекол, дистанционное закрывание дверей и т. п.), качеством материалов обивки салона и т. д.;
- приспособленность к перевозке громоздких или длинномерных вещей (например, лыж);
- наличие устройств связи с внешним миром (встроенный телефон, телевизор, навигационная система);
- привлекательность внешнего вида автомобиля;
- престижность и соответствие моде.

**Свойства общественной безопасности**, как правило, жестко регламентируются государством в законодательном порядке (законодательные ограничения) и контролируются перед началом выпуска модели и в течение срока службы при периодических проверках технического состояния автомобиля в процесс эксплуатации.

Свойства безопасности подразделяются на три подгруппы: **безопасность активная, пассивная и экологическая**.

**Свойства активной безопасности** характеризуют способность снижать вероятность вовлечения автомобиля в дорожно-транспортные происшествия и включают в себя:

- тормозные свойства — способность автомобиля быстро снижать скорость и надежно удерживаться на месте;

- управляемость и устойчивость в аварийных режимах — способность автомобиля к совершению резких маневров в критических ситуациях (объезд препятствия, крутой поворот);
- обзорность с места водителя — возможность водителя получить визуальную информацию об окружающей обстановке связана с конструкцией стекол, зеркал заднего вида и т. п.;
- внешнюю информативность автомобиля — количество, цвет, место расположения внешних световых приборов (фар, указателей поворота, сигналов торможения и т. п.);
- уровень шума на рабочем месте водителя — степень снижения работоспособности водителя при длительном воздействии шума.

**Свойства пассивной безопасности** определяют способность снижать тяжесть последствий уже совершившихся дорожно-транспортных происшествий и включают в себя:

- свойства, снижающие уровень травматизма водителя и пассажиров при аварии, связаны с энергопоглощающими свойствами кузова, наличием защитных устройств (ремней, надувных подушек безопасности, демпфирующих элементов внутри кузова, подголовников), конструкцией стекол, рулевой колонки, внутренней отделки салона;
- свойства, снижающие уровень травматизма пешеходов, определяются, например, отсутствием травмоопасных наружных выступов автомобиля;
- пожаробезопасность определяется конструкцией топливной системы, местом расположения топливного бака, наличием средств пожаротушения и т. п.

**Свойства экологической безопасности** характеризуют степень воздействия автомобиля на окружающую среду и включают в себя:

- уровень вредных элементов в отработанных газах автомобильных двигателей — степень загрязнения воздушной среды токсичными веществами, в первую очередь оксидом углерода, окислами азота,

углеводородом, сажей;

- уровень внешнего шума — уровень вредного воздействия на людей, находящихся вблизи оживленных автомагистралей;
- степень использования экологически безвредных материалов в конструкции автомобиля, например безасбестовых тормозных колодок;
- приспособленность к утилизации — приспособленность автомобиля, его узлов и агрегатов к повторной переработке после выхода из строя.

В настоящее время новые автомобили проверяются на соответствие европейским нормам безопасности, изложенным в многочисленных Правилах Европейской экономической комиссии ООН (Правилах ЕЭК ООН). Процедура подтверждения соответствия требованиям Правил называется сертификацией автомобиля, и при положительных ее результатах конкретная модель или все семейство автомобилей получают документ-одобрение типа транспортного средства.

В эксплуатации требования безопасности автомобиля контролируются при периодических государственных технических осмотрах.

Существует еще один вид законодательных ограничений, направленный на предотвращение чрезмерного износа автомобильных дорог и связанный с контролем за автомобилями, размеры которых не соответствуют геометрическим размерам элементов автомобильных дорог. Это предельные значения габаритных, весовых параметров тяжелых грузовых автомобилей, автопоездов, автобусов и максимально допустимые вертикальные нагрузки от отдельных осей на дорожное покрытие (осевые нагрузки). Указанные предельные значения устанавливаются государством в зависимости от конструкции автомобиля и дорожных условий. При их превышении движение по дорогам допускается при соблюдении специальных требований и каждая такая перевозка облагается дополнительным дорожным налогом для компенсации повышенного износа дорожного покрытия.

Все перечисленные выше свойства можно оценивать, если определены



условия эксплуатации.

Условия эксплуатации автомобиля подразделяют на:

- дорожные условия эксплуатации, определяющиеся характеристиками автомобильной дороги (подъемы, спуски, повороты, тип дорожного покрытия, ширина проезжей части и т. п.), интенсивностью движения транспортного потока, значением законодательного ограничения скорости;
- природно-климатические свойства эксплуатации, определяющиеся температурой, влажностью, давлением окружающего воздуха, интенсивностью осадков, сезонным изменением состояния дорожного покрытия;
- транспортные условия эксплуатации, определяющиеся дальностью перевозок и расстояниями между остановочными пунктами, видом и характеристиками груза, количеством пассажиров и т. д.;
- экономические условия эксплуатации, определяющиеся уровнем цен, тарифов, налогов в том или ином государстве;
- социальные условия эксплуатации, определяющиеся представлениями потребителей автомобиля о моде, престижности и т. д.

Набор свойств, определяющих качество автомобиля, их весомость по отношению друг к другу, будут зависеть от представлений каждого конкретного человека, от политики государства в данный период, условий предполагаемой эксплуатации. Учитывая, что сочетание этих факторов дает огромное количество вариантов, становится понятным то многообразие конструкций автомобилей, представленных на рынке, каждая из которых обеспечивает наилучшие свойства для конкретных потребителей и условий эксплуатации.

## 1. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ

Несмотря на огромное многообразие типов и моделей современных автомобилей, конструкция каждого из них состоит из набора агрегатов, узлов и механизмов, наличие которых позволяет называть транспортное средство «автомобилем». К основным конструктивным блокам относятся:

- двигатель;
- движитель;
- трансмиссия;
- системы управления автомобилем;
- несущая система;
- подвеска несущей системы;
- кузов (кабина).

**Двигатель** является источником механической энергии, необходимой для движения автомобиля. Механическая энергия получается за счет преобразования в двигателе другого вида энергии (энергии сгорающего топлива, электроэнергии, энергии предварительно сжатого воздуха и т. п.). Источник немеханической энергии, как правило, находится непосредственно на автомобиле и время от времени пополняется.

В зависимости от вида используемой энергии и процесса ее преобразования в механическую на автомобиле могут применяться:

- двигатели, использующие энергию сжигаемого топлива (поршневой двигатель внутреннего сгорания, газовая турбина, паровой двигатель, роторно-поршневой двигатель Ванкеля, двигатель внешнего сгорания Стирлинга и т. п.);
- двигатели, использующие электроэнергию, — электродвигатели;
- двигатели, использующие энергию предварительно сжатого воздуха;
- двигатели, использующие энергию предварительно раскрученного маховика,

- маховичные двигатели.

Наибольшее распространение на современных автомобилях получили поршневые двигатели внутреннего сгорания, использующие в качестве источника энергии жидкое топливо нефтяного происхождения (бензин, дизельное топливо) или горючий газ.

К системе «двигатель» относят также подсистемы хранения и подачи топлива и удаления продуктов сгорания (системы выпуска).

**Движитель** автомобиля обеспечивает связь автомобиля с внешней средой, позволяет ему «отталкиваться» от опорной поверхности (дороги) и преобразует энергию двигателя в энергию поступательного движения автомобиля. Основной тип движителя автомобиля — колесо. Иногда в автомобилях применяются комбинированные движители: для автомобилей высокой проходимости колесно-гусеничные движители, для автомобилей-амфибий колесный (при движении по дороге) и водометный (на плаву) движители.

**Трансмиссия** (силовая передача) автомобиля передает энергию от двигателя к движителю и преобразует ее в удобную для использования в движителе форму. Трансмиссии могут быть:

- механические (передается механическая энергия);
- электрические (механическая энергия двигателя преобразуется в электрическую, передается к движителю по проводам и там снова преобразуется в механическую);
- гидрообъемная (вращение коленчатого вала двигателя преобразуется насосом в энергию потока жидкости, передающейся по трубопроводам к колесу, и там, посредством гидромотора, снова преобразуется во вращение);
- комбинированные (электромеханические, гидромеханические).

Наибольшее распространение на современных автомобилях получили механическая и гидромеханическая трансмиссии. Механическая трансмиссия состоит из фрикционной муфты (сцепления), преобразователя крутящего момента, главной передачи, дифференциала, карданных передач, полуосей.

**Сцепление** — муфта, дающая возможность кратковременно разъединить и плавно соединить двигатель и связанные с ним механизмы трансмиссии.

Преобразователем крутящего момента является механизм, позволяющий ступенчато или бесступенчато изменять крутящий момент двигателя и направление вращения валов трансмиссии (для движения задним ходом). При ступенчатом изменении момента данный механизм называется **коробкой передач**, при бесступенчатом — **вариатором**.

**Главная передача** — зубчатый редуктор с коническими и (или) цилиндрическими шестернями, повышающий крутящий момент, передаваемый от двигателя к колесам.

**Дифференциал** — механизм, распределяющий крутящий момент между ведущими колесами и позволяющий вращаться им с разными угловыми скоростями (при движении на поворотах или по неровной дороге).

**Карданные передачи** представляют собой валы с шарнирами, связывающие между собой агрегаты трансмиссии и колес. Они позволяют передавать крутящий момент между указанными механизмами, валы которых расположены не соосно и (или) изменяют при движении взаимное расположение друг относительно друга. Количество карданных передач зависит от конструкции трансмиссии.

Гидромеханическая трансмиссия отличается от механической тем, что вместо сцепления устанавливается гидродинамическое устройство (**гидромуфта или гидротрансформатор**), выполняющее как функции сцепления, так и функции бесступенчатого вариатора. Как правило, это устройство размещается в одном корпусе с механической коробкой передач.

Электрические трансмиссии применяются сравнительно редко (например, на тяжелых карьерных самосвалах, на внедорожных автомобилях) и включают в себя: генератор на двигателе, провода и систему электроуправления, электромоторы на колесах (электрические мотор - колеса).

При жестком соединении двигателя, сцепления и коробки передач (вариатора) данная конструкция называется **силовым агрегатом**.

В ряде случаев на автомобиле могут быть установлены несколько двигателей различных типов (например, двигатель внутреннего сгорания и электродвигатель), связанных друг с другом трансмиссией. Такая конструкция называется **гибридной силовой установкой**.

**Системы управления автомобилем** включают в себя:

- рулевое управление;
- тормозную систему;
- управление прочими системами автомобиля (двигателем, трансмиссией, температурой в кабине и т. д.).

Рулевое управление служит для изменения направления движения автомобиля, как правило, за счет поворота управляемых колес.

Тормозная система служит для уменьшения скорости движения автомобиля вплоть до полной остановки и надежного удержания его на месте.

**Несущая система автомобиля** служит для крепления на ней всех прочих узлов, агрегатов и систем автомобиля. Она может выполняться в виде плоской рамы (рис. 1) или объемного несущего кузова.

**Подвеска несущей системы** обеспечивает упругую связь колес с несущей системой и обеспечивает плавность хода автомобиля при движении по неровной дороге, уменьшает вертикальные динамические нагрузки, передаваемые на автомобиль от дороги.

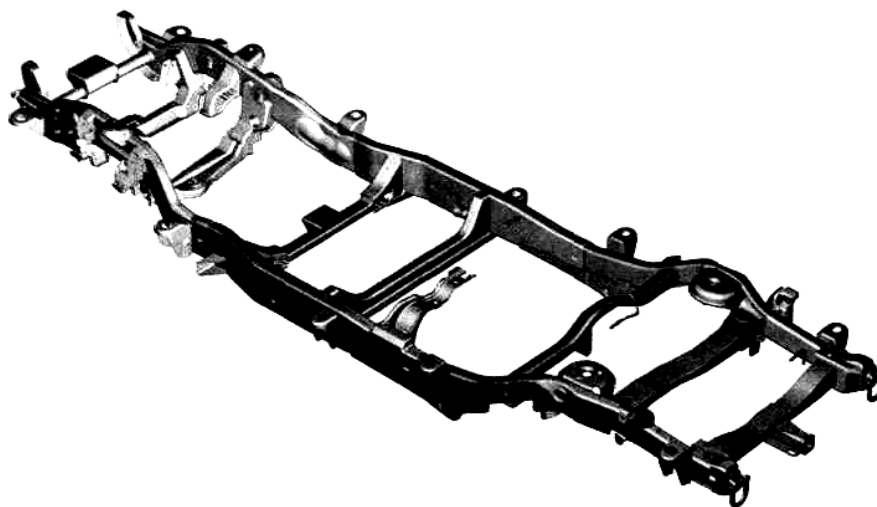


Рис. 1- Несущая система в виде лонжеронной рамы

**Кузов (кабина)** служит для размещения водителя, пассажиров, груза или специального оборудования, транспортируемого автомобилем. Как было отмечено выше, в ряде случаев кузов совмещает функции несущей системы (несущий кузов). К системе автомобиля «кузов» принято относить также многие узлы, агрегаты, подсистемы, не попавшие в другие системы автомобиля (внешние световые приборы, климатические установки в салоне, ряд устройств безопасности для водителя и пассажиров и т.д.).

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ

В двигателе внутреннего сгорания выделяющиеся при сгорании топлива газы давят на поршень и через преобразующий механизм выполняют механическую работу по вращению коленчатого вала двигателя. Затем эта работа используется для вращения ведущих колес автомобиля. Любой двигатель обладает определенной мощностью и крутящим моментом. Большинство людей при оценке автомобиля в первую очередь обращают внимание на мощность его двигателя и не очень интересуются крутящим моментом, хотя его значение существенно влияет на поведение автомобиля на дороге. Крутящий момент на валу двигателя представляет собой произведение величин силы и длины плеча ее действия.

Современной единицей измерения крутящего момента является ньютонметр (Н·м). Крутящий момент, создаваемый двигателем, зависит от рабочего давления внутри цилиндра двигателя, площади поршня, радиуса кривошипа коленчатого вала и ряда других параметров. Поскольку время воздействия давления газов на поршень изменяется при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя, крутящий момент также изменяется. Если умножить величину крутящего момента, соответствующую определенной частоте вращения вала двигателя, на его угловую скорость, получим значение мощности двигателя, развиваемой при этой скорости. Начиная с XVIII в., единицей измерения мощности была лошадиная сила. Современной международной единицей измерения мощности является киловатт (кВт). При этом лошадиную силу (л.с.) довольно часто продолжают указывать в технических характеристиках автомобильных двигателей. Для того чтобы перевести мощность, указанную в киловаттах, в лошадиные силы, нужно умножить ее значение на 1,34.

Ускорение, развиваемое автомобилем, которым так интересуется большинство водителей, как раз в основном и зависит от величины крутящего

момента. Мощность двигателя определяет, главным образом, максимальную скорость автомобиля. Профессиональные автомобилисты для оценки работы двигателя используют скоростные характеристики, которые представляют собой зависимость крутящего момента двигателя и его мощности от угловой скорости или частоты вращения его вала (рис. 2). Скоростные характеристики реальных двигателей получают при их испытаниях на специальных стендах. Очевидно, что значения показателей двигателя будут зависеть от количества поступающего в двигатель топлива, то есть от положения педали «газа». Зависимость скорости автомобиля, полученная при максимальной подаче топлива в цилиндры двигателя, называется внешней скоростной характеристикой.

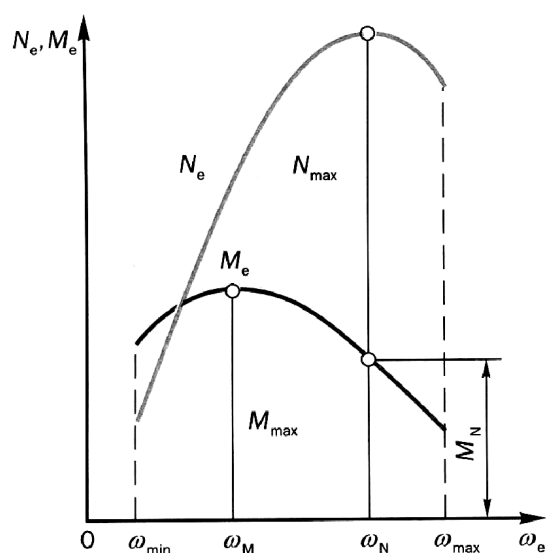


Рис. 2. - Скоростная характеристика ДВС:

- $N_e$  — эффективная мощность;
- $M_e$  — эффективный крутящий момент;
- $M_{max}$  — максимальный крутящий момент;
- $N_{max}$  — максимальная мощность;
- $M_N$  — крутящий момент, соответствующий максимальной мощности;
- $\omega$  — угловая скорость вала двигателя

На графике скоростной характеристики отмечаются минимальные и максимальные обороты коленчатого вала двигателя. Как можно заметить из приведенной скоростной характеристики ДВС, крутящий момент достигает своего максимального значения при средних оборотах вала, а затем при дальнейшем увеличении частоты вращения снижается. Хорошо это или плохо? Давайте представим себе автомобиль, который движется по ровной горизонтальной дороге с максимальной скоростью, а его двигатель имеет такую кривую изменения крутящего момента. Максимальная скорость наступает при оборотах двигателя, близких к наибольшим, когда сила, приложенная к

ведущим колесам автомобиля и соответствующая крутящему моменту двигателя при этих оборотах, увеличенному с помощью трансмиссии, уравнивается с силами сопротивления движению, действующими на автомобиль. Если на дороге перед этим автомобилем возникнет даже небольшой подъем, сила сопротивления увеличится, а обороты двигателя уменьшатся. Что же произойдет при этом с крутящим моментом двигателя?

Из скоростной характеристики можно заметить, что уменьшение оборотов двигателя приведет к небольшому увеличению крутящего момента. Если подъем на дороге не очень велик, то этого увеличения крутящего момента, подводимого к ведущим колесам, может хватить для его преодоления без перехода на более низкую передачу в трансмиссии автомобиля. Другими словами, двигатель с падающей характеристикой крутящего момента хорошо приспособляется к увеличению сопротивления движению автомобиля. Причем, чем круче опускается кривая момента на скоростной характеристике при увеличении угловой скорости вращения вала двигателя, тем лучшей приспособляемостью он обладает.

Электрический двигатель имеет максимальное значение крутящего момента при минимальных оборотах, и при их увеличении крутящий момент постоянно снижается. Поэтому у электроавтомобиля трансмиссия значительно упрощается — ему не нужна коробка передач..

Любой автомобильный двигатель представляет собой совокупность механизмов и систем. Основными механизмами четырехтактного поршневого двигателя внутреннего сгорания являются кривошипно-шатунный механизм (КШМ) и газораспределительный механизм (ГРМ).



### 3. ТРАНСМИССИЯ

**Назначение.** Двигатели внутреннего сгорания, являющиеся на сегодняшний день основным источником энергии для автомобилей, имеют максимальные значения крутящего момента и мощности при разных значениях частоты вращения коленчатого вала двигателя. Для того чтобы использовать соответствующие обороты двигателя при различных скоростях движения автомобиля, необходимо иметь возможность изменять передаточное число трансмиссии. Общее передаточное число трансмиссии в любой момент времени можно определить отношением частоты вращения коленчатого вала двигателя к частоте вращения ведущих колес.

Крутящий момент, передающийся на ведущее колесо, определяет тяговое усилие, действующее в контакте колеса с дорогой. Это усилие определяется делением величины крутящего момента на радиус колеса. Для движения автомобиля необходимо, чтобы тяговое усилие было больше суммы сил сопротивления движению (силы сопротивления качению, силы сопротивления подъему, силы инерции, аэродинамического сопротивления). Сумма сил сопротивления движению изменяется в широких пределах в зависимости от условий движения, поэтому трансмиссия автомобиля должна обеспечивать возможность изменения тягового усилия путем изменения в широком диапазоне крутящего момента. Максимальное тяговое усилие ограничивается не возможностями двигателя и трансмиссии, а сцеплением колес с дорогой. Это усилие не должно превышать силу сцепления, иначе ведущие колеса будут проскальзывать и автомобиль не сможет двигаться. Силу сцепления можно определить, умножив часть массы автомобиля, приходящегося на одно колесо, на коэффициент сцепления —  $\rho$ . Коэффициент сцепления зависит от состояния дорожного покрытия, качества и состояния шин и находится в пределах от 0,1 до 0,9.

Наибольшее суммарное тяговое усилие может быть реализовано, если все

колеса автомобиля будут ведущими. Тем не менее для движения автомобиля по дорогам с твердым покрытием достаточно двух ведущих колес на одной оси. Увеличение числа ведущих колес приводит к усложнению трансмиссии и увеличению механических потерь, поэтому конструкторам автомобилей приходится применять компромиссные решения в зависимости от назначения автомобиля.

Выбор типа привода ведущих колес и компоновки автомобиля определяют возможность в наибольшей степени реализовать те или иные его свойства. Особенности привода оказывают влияние на топливную экономичность, безопасность, массу и компактность автомобиля, а также на показатели устойчивости, управляемости и тормозной динамики.

### **3.1. Механические трансмиссии**

У автомобилей классической компоновки с колесной формулой 4x2 крутящий момент от двигателя передается через сцепление к коробке передач. В коробке передач крутящий момент может ступенчато изменяться в соответствии с включенной передачей. Двигатель, сцепление и коробка передач обычно объединяются в один блок, образуя силовой агрегат. От коробки передач крутящий момент передается через карданную передачу к главной передаче, где увеличивается, и далее через дифференциал и полуоси подводится к ведущим колесам. Главная передача, дифференциал и полуоси с колесами образуют ведущий мост.

Если силовой агрегат располагается в непосредственной близости от ведущего моста (переднеприводные автомобили и автомобили заднемоторной компоновки с задними ведущими колесами), в трансмиссии можно обойтись без карданной передачи между коробкой передач и главной передачей. При такой компоновке главная передача и дифференциал обычно объединяются в один агрегат, а для привода ведущих колес используются полуоси с шарнирами.

### ***3.1.1. Главная передача***

Главная передача обеспечивает постоянное увеличение крутящего момента и передачу его на полуоси, расположенные под углом  $90^\circ$  к продольной оси автомобиля и далее к ведущим колесам.

По типу основных пар шестерен главные передачи разделяются на червячные, конические, гипоидные и цилиндрические.

Если главная передача имеет одну пару шестерен, то ее называют одинарной, если две пары — двойной.

***Червячная главная передача*** (рис. 3), по сравнению с главными передачами других типов, имеет наименьшие габариты и наиболее бесшумна. Однако она имеет низкий КПД (0,9-0,92), трудоемка в изготовлении и требует применения для зубчатого венца дорогостоящей оловянистой бронзы. В связи с этим в настоящее время не применяется.

***Коническая главная передача*** (рис. 4) начала широко применяться на автомобилях с 1913 г., когда фирма «Глиссон» разработала зацепление с круговым зубом. Конструктивной особенностью конической передачи является то, что вершины начальных конусов ведущей и ведомой шестерен лежат в одной точке. Силы, действующие между шестернями такой передачи, стремятся нарушить правильность зацепления конических шестерен, и поэтому необходимо обеспечить достаточную жесткость всех элементов главной передачи: картера, валов, подшипниковых узлов. Здесь, как правило, применяются роликовые конические подшипники, которые устанавливаются с предварительным натягом. Для уменьшения влияния точности зацепления на работу зубчатой пары, радиус кривизны зуба ведущей шестерни выполняется несколько меньшим, чем радиус кривизны зуба ведомой шестерни.

Коническая передача имеет достаточно высокий КПД (0,97-0,98), так как между зубьями невелико трение скольжения. В то же время она имеет наибольшие габариты и является самой шумной из существующих передач.

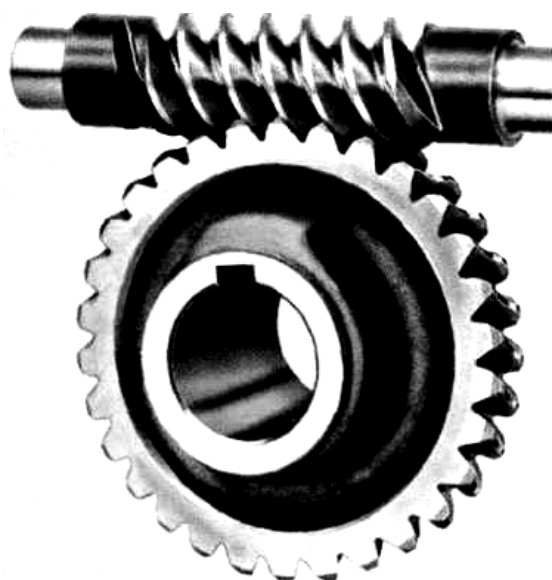


Рис. 3 - Червячная передача



Рис. 4 - Коническая передача

**Гипоидная главная передача** (рис. 5) появилась на автомобиле в 1925 г. в результате стремления снизить центр масс автомобилей. Вначале ее применяли только на легковых автомобилях, но, когда проявились все достоинства гипоидной передачи, ее стали широко применять в троллейбусах и на грузовиках. В отличие от конической, в гипоидной передаче оси зубчатых колес не пересекаются. При этом ось ведущей шестерни смещена относительно оси ведомой шестерни, как правило, вниз.

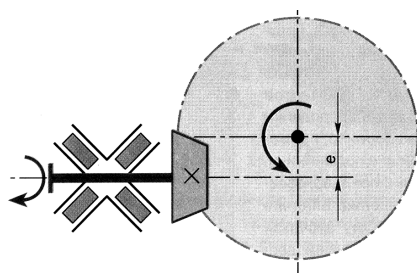
Основным достоинством гипоидной передачи являются: меньшие по сравнению с конической, габариты; меньшая нагрузка на зуб и низкий уровень шума, так как в зацеплении постоянно находится большее, по сравнению с конической передачей, число зубьев; возможность влияния на компоновку автомобиля (понижение центра масс, уменьшение тоннеля в полу кузова, через который проходит карданная передача и т. д.). В то же время наличие смещения обуславливает присутствие в зацеплении повышенного трения скольжения, что снижает КПД до 0,96.

**Цилиндрическая главная передача** (рис. 6) применяется в переднеприводных автомобилях при поперечном расположении двигателя. В существующих конструкциях зубья цилиндрической передачи выполняются косыми или шевронными. Передаточное число обычно принимают равным 3,5-

4,2. Увеличение передаточного числа выше указанного диапазона приводит к увеличению габаритов и уровня шума главной передачи. КПД цилиндрической пары наиболее высокий — не менее 0,98-0,99.

**Двойные главные передачи** (рис. 7) применяются на грузовых автомобилях при необходимости получения больших передаточных чисел. По компоновке они выполняются центральными и разделенными.

а)



б)

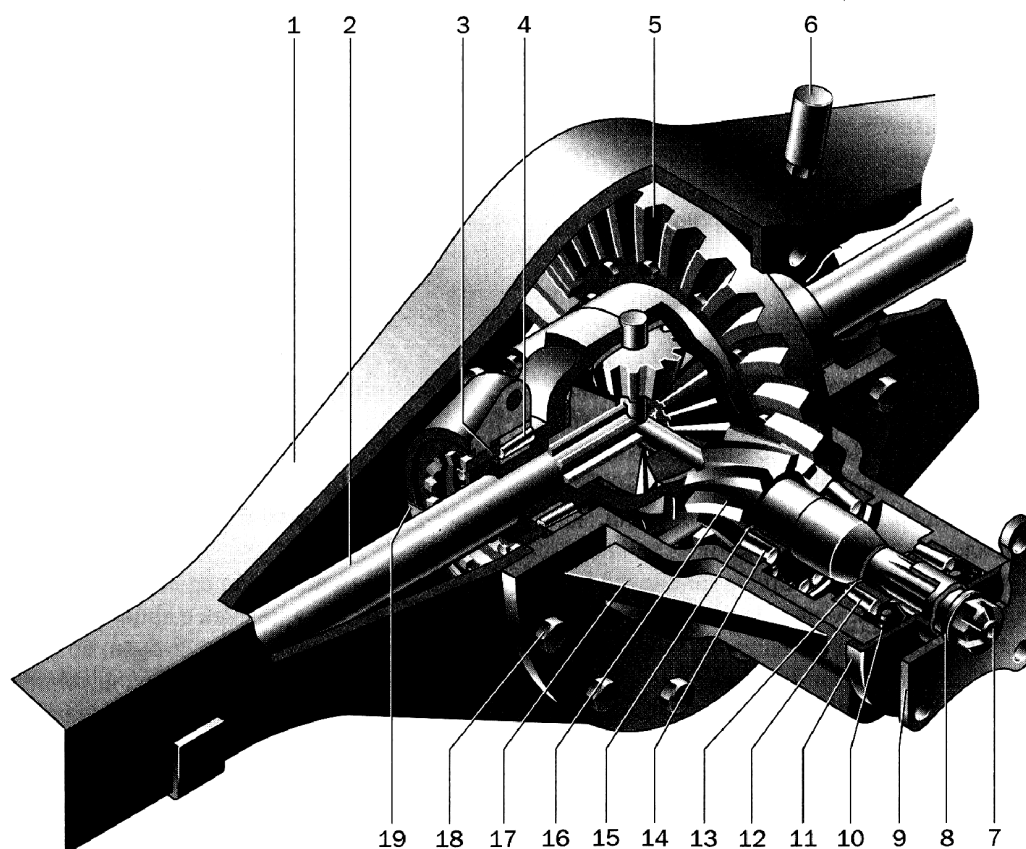


Рис. 5 - Гипойдная главная передача: а — схема; б — конструкция:

1 — картер заднего моста; 2 — полуось; 3 — гайка подшипников дифференциала; 4 — подшипник дифференциала; 5 — ведомая шестерня главной передачи; 6 — сапун; 7 — гайка; 8 — шайба; 9 — фланец ведущей шестерни; 10 — манжета; 11 — грязеотражатель; 12, 14 — подшипники ведущей шестерни; 13 — распорное кольцо; 15 — регулировочное кольцо; 16 — ведущая шестерня; 17 — картер редуктора; 18 — болт; 19 — стопорная пластина

Центральные двойные главные передачи представляют собой сочетание конической или гипоидной пары с цилиндрической, которые объединены в общем картере.

Разнесенные главные передачи состоят из центрального редуктора в виде конической или гипоидной пары и двух редукторов, размещенных в ступицах колеса (рис. 7) или близко к колесам.

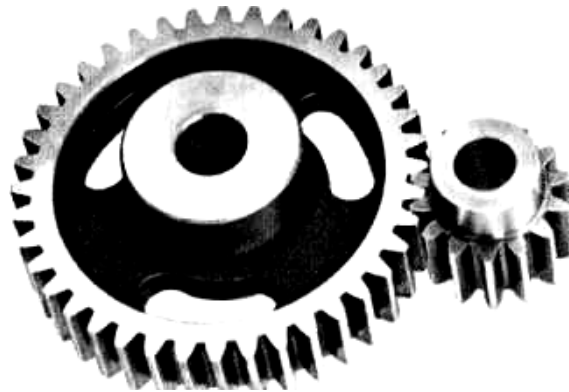


Рис. 6 - Цилиндрическая передача

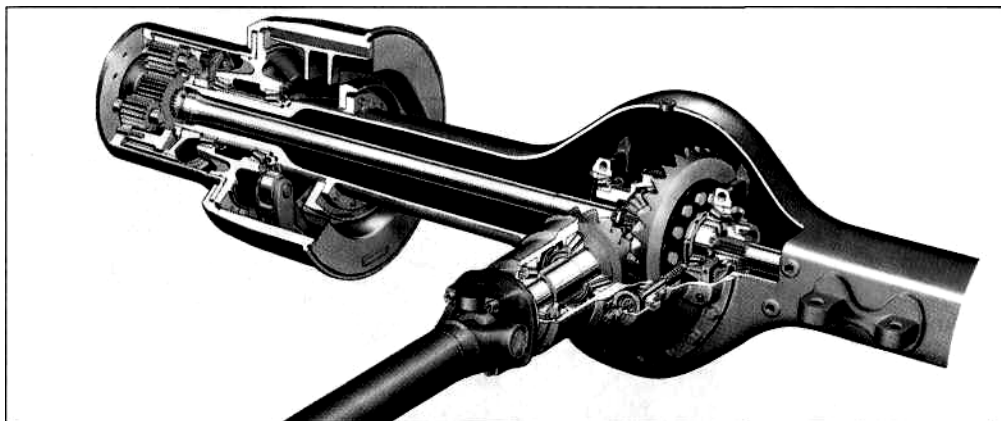


Рис. 7 - Ведущий мост грузового автомобиля с разнесенной главной передачей и колесными планетарными редукторами

### ***3.1.2. Дифференциал***

При повороте автомобиля, все его колеса проходят разный по длине путь, и если между двумя ведущими колесами существует жесткая связь, они начнут проскальзывать. Скольжение колес при повороте приводит к повышенному расходу топлива, износу шин, нарушению устойчивости и т. п.

Дифференциал позволяет ведомым валам вращаться с разными угловыми

скоростями и выполняет функции распределения подводимого к нему крутящего момента между колесами или ведущими мостами. Дифференциалы бывают межколесными и межосевыми (в случае установки между несколькими ведущими мостами).

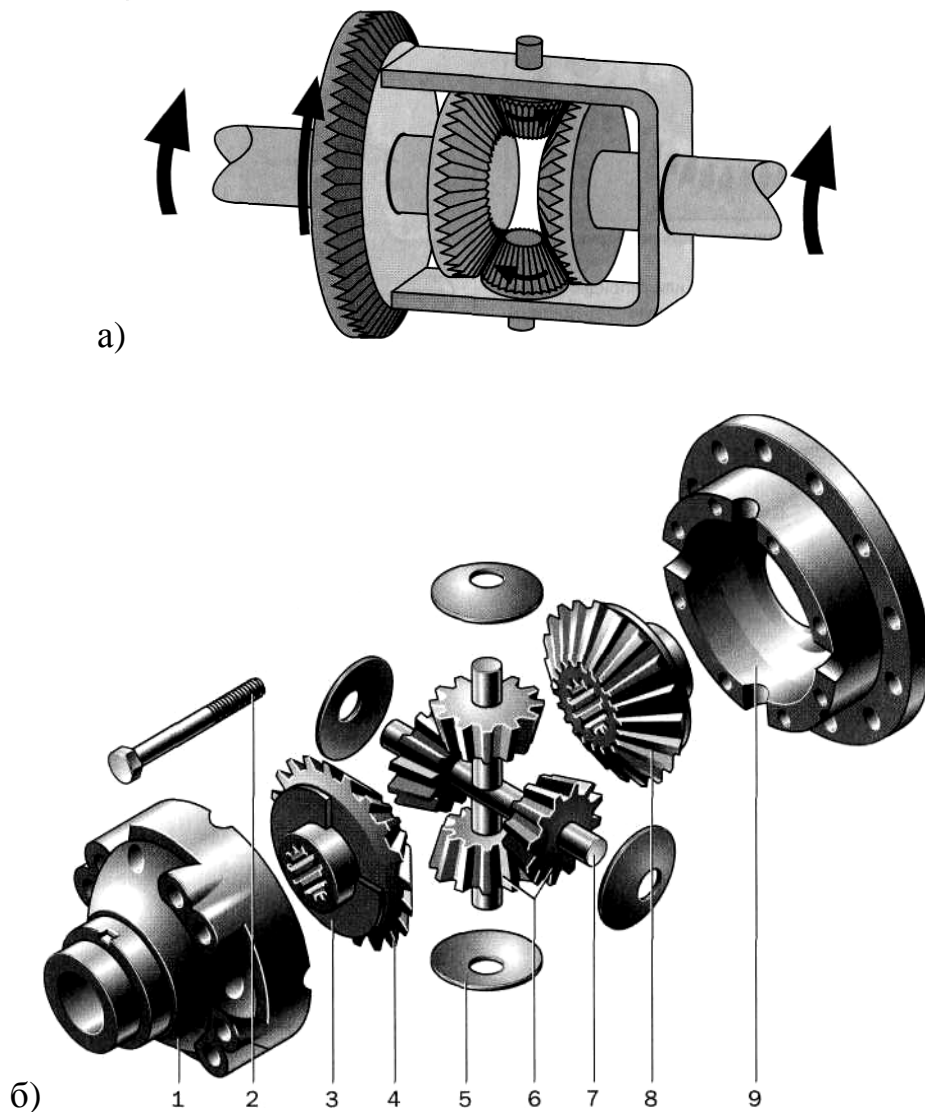


Рис. 8 - Схема работы (а) и детали (б) конического симметричного дифференциала:  
 1 — коробка сателлитов дифференциала правая; 2 — болт коробки сателлитов; 3 — опорная шайба шестерни; 4, 8 — полуосевые шестерни; 5 — опорная шайба сателлита; 6 — сателлиты; 7 — ось сателлитов; 9 — левая коробка сателлитов дифференциала

Впервые дифференциал был применен в 1897 г. на паровом автомобиле. В настоящее время все автомобили имеют межколесные дифференциалы на ведущих мостах. Наиболее распространенным является конический симметричный дифференциал (рис. 8), включающий в себя: корпус, сателлиты, ось сателлитов (или крестовину) и полуосевые шестерни. Обычно число

сателлитов в дифференциалах легковых автомобилей — два, грузовых и внедорожных — четыре.

Симметричный дифференциал получил свое название за способность распределять подводимый момент поровну при любом соотношении угловых скоростей, соединенных с ним валов. Применение такого дифференциала в качестве межколесного, обеспечивает устойчивость при прямолинейном движении, а также при торможении на скользкой дороге.

Существенным недостатком обычного дифференциала является снижение проходимости автомобиля, если одно из его колес попадает в условия малого сцепления с опорной поверхностью. При этом на колесо, находящееся в нормальных сцепных условиях, нельзя подвести крутящий момент, превышающий тот, который может быть реализован на колесе, находящемся в условиях малого сцепления (это приводит к пробуксовке колеса).

### **3.2. Автоматические трансмиссии**

Переключение передач на первых автомобилях было довольно трудным делом и требовало определенного навыка. Поэтому уже тогда появлялись конструкции автоматических трансмиссий. Некоторые изобретатели пытались автоматизировать механические коробки передач, создавая хитроумные устройства, копирующие действия водителя при переключении передач, другие создавали бесступенчатые трансмиссии, используя различные устройства (в основном фрикционные), которые могут плавно изменять крутящий момент.

Все такие конструкции, как правило, были сложными, ненадежными и малоэффективными потому, что в те времена не существовало соответствующих технологий и надежных систем управления. По мере развития конструкций механических коробок передач, сцеплений, появления синхронизаторов, процесс управления механической коробкой упростился и теперь для переключения передач не требовалось большого опыта. В то же время, рост интенсивности движения, особенно на улицах больших городов приводит к тому, что многие водители предпочитают автоматические трансмиссии, избавляющие их от постоянного управления сцеплением и коробкой передач.

Автоматические трансмиссии, позволяющие водителю управлять



режимом движения с помощью только двух педалей: «газа» и тормоза, могут иметь коробку передач или не иметь ее. Ко второму типу относятся гидрообъемные и электрические трансмиссии, которые позволяют в определенном диапазоне получить любое передаточное число.

В гидрообъемной трансмиссии гидравлический насос, приводимый в действие двигателем внутреннего сгорания, соединяется трубопроводами с гидродвигателями, которые приводят в действие ведущие колеса автомобиля. Гидростатический напор жидкости, создаваемый насосом, преобразуется в крутящий момент на валах гидродвигателей. Гидрообъемные трансмиссии не получили широкого распространения на автомобилях из-за низкого КПД и высокой стоимости, но довольно часто используются в дорожно-строительных машинах.

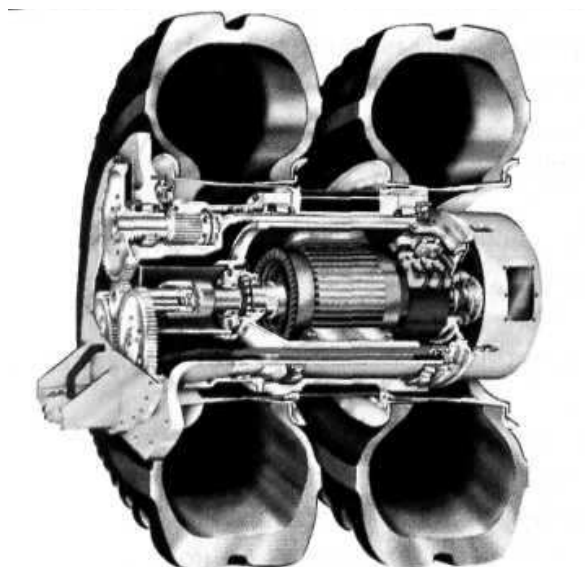


Рис. 9 - Мотор-колесо автомобиля

В электрических трансмиссиях ведущие колеса автомобиля приводятся в действие электродвигателями, к которым от генератора подается электрический ток. Электродвигатель с редуктором может располагаться непосредственно внутри колеса. Такая конструкция носит название мотор-колеса (рис. 9).

Электрические трансмиссии в ближайшем будущем получат широкое распространение при переходе к альтернативным источникам энергии (см. гл. 8).

В автоматических трансмиссиях с коробками передач используются ступенчатые (автоматизированные), бесступенчатые (вариаторы) и комбинированные (гидромеханические) коробки передач.

## **4. ХОДОВАЯ ЧАСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Для того чтобы любое транспортное средство могло передвигаться, оно должно иметь движитель, представляющий собой устройство, которое обеспечивает контакт транспортного средства с дорогой и передает силы и моменты, приводящие его в движение. Существует множество конструкций движителей: колесных, гусеничных, шагающих, шнековых и др.

### **4.1. Автомобильные колеса**

На автомобильном транспорте преимущественное применение получили колеса, поэтому автомобили часто называют колесным транспортом.

Колеса осуществляют связь автомобиля с дорогой. Они обеспечивают движение, поворот, передают вертикальные нагрузки от автомобиля на дорогу, воспринимают удары и колебания, передающиеся от дороги.

Первые колеса появились еще в глубокой древности. Наверное, к идее колеса человек пришел, подкладывая бревна под перемещаемые грузы. Затем появились первые повозки с деревянными колесами. Вначале использовались колесные пары, в которых два колеса жестко крепились на одной оси, а вращалась только эта ось. Недостаток такой конструкции заключался в том, что при движении на поворотах и неровной дороге, скрепленные между собой колеса не могут проходить различные пути и поэтому проскальзывают и быстро изнашиваются. Выход нашелся в свободной установке колес на неподвижной оси, которую жестко соединяли с повозкой. Со временем первые примитивные колеса, изготовленные из куска дерева, были усовершенствованы. Для облегчения колес стали применяться спицы, в центре колеса появилось утолщение — ступица, а на беговой части колесо упрочняли стальной полосой — шиной. Колеса первых автомобилей были еще деревянными, хотя ступицы уже изготавливали из металла. Такие колеса ограничивали скоростные

возможности автомобиля, не обеспечивали безопасность и комфорт при езде. Большим достижением было изобретение пневматической шины.

В зависимости от выполняемых функций автомобильные колеса разделяются на ведущие, управляемые, комбинированные (одновременно ведущие и управляемые) и поддерживающие.

Ведущие колеса приводятся во вращение от трансмиссии автомобиля и создают в контакте колеса с дорогой тяговое усилие. Управляемые колеса могут поворачиваться по команде водителя, при этом в контакте колеса с дорогой возникают боковые усилия, которые дают возможность автомобилю изменить направление движения. Поддерживающие колеса не приводят в движение автомобиль и не поворачиваются, а только воспринимают часть нагрузки автомобиля, что уменьшает суммарное давление на опорную поверхность дороги.

#### ***4.1.1. Устройство автомобильного колеса***

Колесо автомобиля состоит из пневматической шины, обода, соединительного элемента (диска) и ступицы (рис. 10).

В зависимости от конструкции обода и соединительного элемента колеса могут быть разборными и неразборными, дисковыми и бездисковыми. Ступица колеса обеспечивает его свободную установку на оси автомобиля.

Обод служит для соединения шины с колесом. С этой целью ему придается специальная форма. Колесо в сборе должно быть сбалансировано, балансировочные грузики крепятся к ободу с помощью пружинных зажимов или клея. На большинстве легковых автомобилей и грузовых небольшой грузоподъемности используются глубокие, неразборные ободья (рис. 11).

Глубокий обод жестко соединяется с диском, который служит для крепления колеса к ступице с помощью болтов или гаек со шпильками. Полки глубокого обода имеют конусную форму для плотной посадки шины на обод. Угол наклона полок составляет, как правило  $(5\pm 1)^\circ$ . Полки обода заканчиваются закраинами, имеющими определенную форму и служащие

боковыми упорами для шины. Расстояние между закраинами называется шириной профиля обода. В средней части обода имеется углубление, необходимое для облегчения монтажа и демонтажа шины на обод. Это углубление (ручей) может быть расположено симметрично относительно плоскости колеса или со смещением.

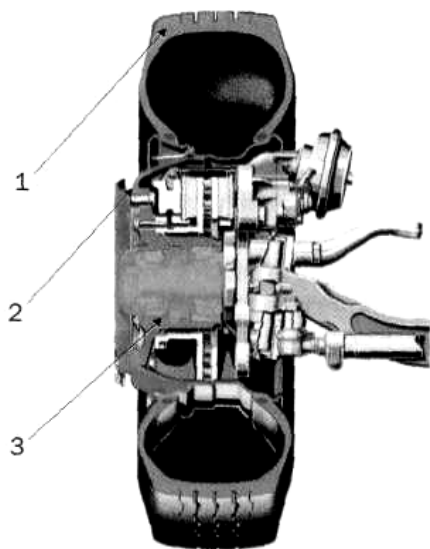


Рис. 10 - Устройство автомобильного колеса:  
1 — шина; 2 — обод; 3 — ступица



Рис. 11 - Неразборное колесо с глубоким ободом

Размеры и профиль обода регламентированы соответствующими стандартами. На каждый обод наносится соответствующая маркировка, из которой можно узнать размеры и профиль. Основные размеры обода, ширину профиля и диаметр, как правило, все изготовители указывают в дюймах, за исключением компании **Michelin**, которая применяет для этого миллиметры.

Пример маркировки: **5J X13H2 ET 30**, где:

5 — ширина обода в дюймах;

13 — диаметр обода в дюймах;

**J** и **H2** — конструктивные особенности профиля обода;

ET 30 — вылет (от немецкого слова **Einpresstiete** — ET) 30 мм.

Вылет колеса (выступ) является важным параметром. Любое колесо должно «охватывать» ступицу, к которой оно крепится, потому что центр пятна контакта шины с дорогой смещается относительно вертикальной оси, проходящей через центр ступицы на небольшую величину (рис. 12), которая рассчитывается при конструировании подвески и рулевого управления

автомобиля.

Величина выступа особенно важна для управляемых колес, потому что положение пятна контакта относительно оси поворота колеса играет важную роль в определении характеристик поворота автомобиля.

Неразборные колеса с глубоким ободом обычно центрируются на ступице с помощью центрального отверстия. Если диаметр центрального отверстия больше, чем у посадочной части ступицы, то центрирование осуществляется по коническим (или сферическим) поверхностям в отверстиях диска, предназначенных для крепления болтами или гайками. Иногда для лучшего центрирования и облегчения монтажа используют пластмассовые кольца, которые устанавливаются перед монтажом колеса на ступицу в центральное отверстие диска.

Колеса легковых автомобилей изготавливаются штамповкой из стали с последующей сваркой обода и диска или из легких сплавов (алюминиевых или магниевых). Наиболее прочные колеса из легких сплавов — кованные. Они имеют мелкозернистую структуру и высокую прочность при малой массе. Легкосплавные колеса дороже стальных, но эстетически привлекательнее. Колеса изготавливались и из композитных материалов: например, еще в 70-е гг. фирма *Sitroen* выпускала армированные углепластиковые колеса, которые весили в два раза меньше металлических. Однако из-за высокой стоимости таких колес они устанавливаются только на дорогих спортивных автомобилях.

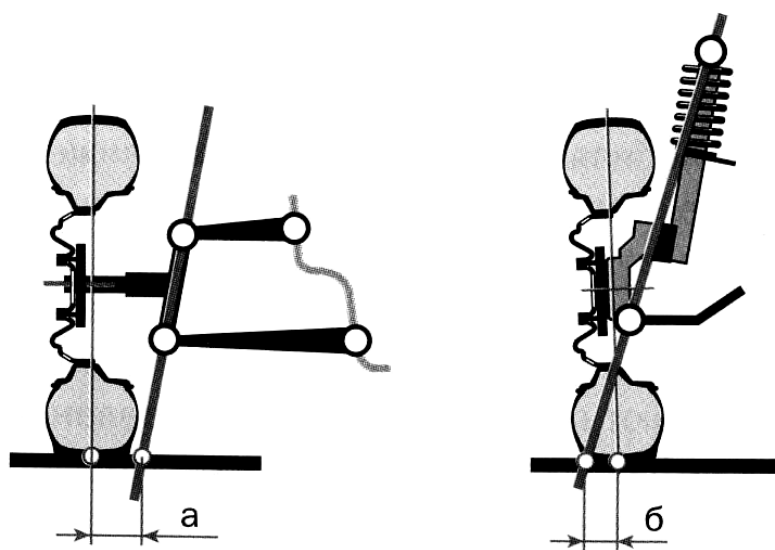


Рис. 12 - Положительное (а) и отрицательное (б) плечо обката управляемого колеса

**Разборные ободья** (рис. 13) применяют для колес большинства грузовых автомобилей и автобусов. Разборные ободья могут быть дисковыми и бездисковыми. Наиболее часто используются разборные ободья с коническими посадочными полками.

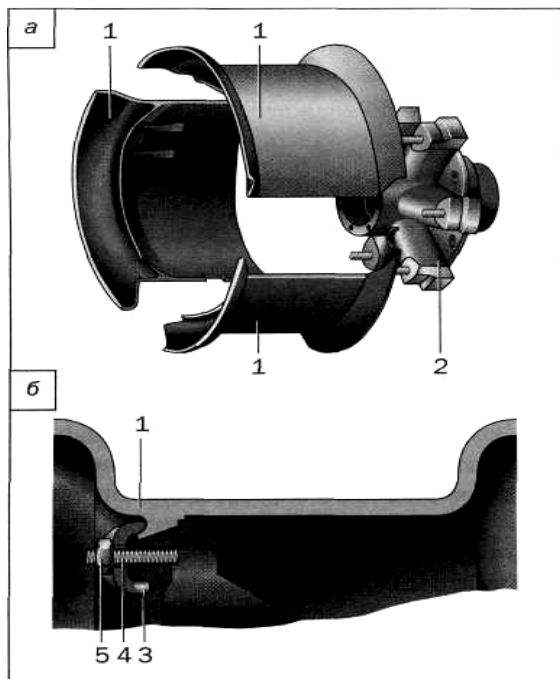


Рис. 14 - Бездисковое колесо, его общий вид (а) и крепление колеса (б): 1 — секторы колеса; 2 — ступица; 3 — крепление; 4 — шпилька; 5 — гайка

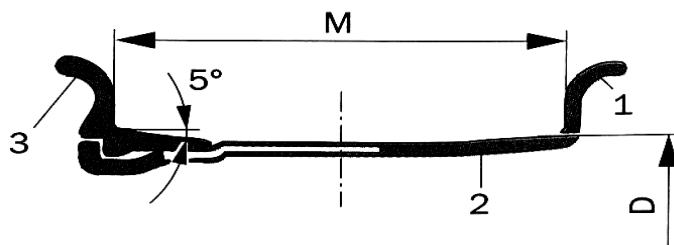


Рис. 13 - Конструкция разборного обода грузового автомобиля:  
1 — закраина; 2 — обод; 3 — разрезная часть обода; М — ширина обода;  
D — диаметр обода

Шины грузовых автомобилей имеют большие размеры и высокую жесткость, поэтому монтаж таких шин на неразборные ободья затруднен. Разборные ободья (рис. 14) позволяют облегчить эту задачу. Для некоторых шин грузовых автомобилей большой грузоподъемности применяют разборные ободья с распорными кольцами. Такие ободья состоят из двух частей, соединяемых между собой болтами. Такая конструкция надежно удерживает шину на колесе независимо от значения давления воздуха в шине.

Ступицы колес изготавливают из стали или ковкого чугуна. К ним крепятся элементы тормозных механизмов, диски и барабаны. Ступица устанавливается на подшипниках, которые должны воспринимать не только радиальные, но и осевые усилия от действия боковых сил. В ступицах

устанавливают конические роликовые или шариковые радиально-упорные подшипники.

В подшипники колес закладывается смазка, выдерживающая высокие температуры. Для предотвращения вытекания смазки и попадания грязи подшипники уплотняются сальниками.

## 4.2. Подвеска

Подвеска входит в несущую систему автомобиля, она связывает колеса с кузовом, воспринимает силы, действующие на движущийся автомобиль, и гасит колебания кузова.

Подвеска автомобиля обеспечивает упругую связь между колесами автомобиля и его кузовом (рамой). Если бы автомобиль не имел подвески, водитель, пассажиры и груз подвергались бы постоянным воздействиям от неровностей дороги, ощущали бы постоянные толчки, удары и вибрации, возникающие при движении автомобиля. Таким образом, подвеска автомобиля обеспечивает необходимый комфорт пассажирам и сохранность грузов. Подвеска снижает величину силового воздействия на элементы конструкции автомобиля от дороги, уменьшая тем самым вероятность поломок, и обеспечивает постоянный контакт колес с дорогой. От конструкции подвески в значительной степени зависит поведение автомобиля на дороге, возможность достижения высоких скоростей и безопасность при совершении маневров.

Подвеска любого автомобиля состоит из направляющего, упругого, гасящего устройств и элементов крепления подвески (рис. 15). В конструкции подвесок большинства автомобилей применяют стабилизаторы поперечной устойчивости.

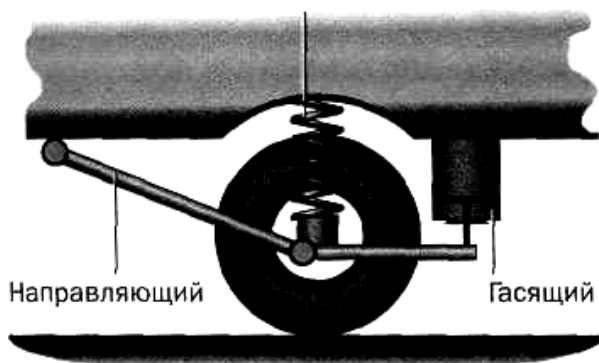


Рис. 15 - Устройство подвески автомобиля

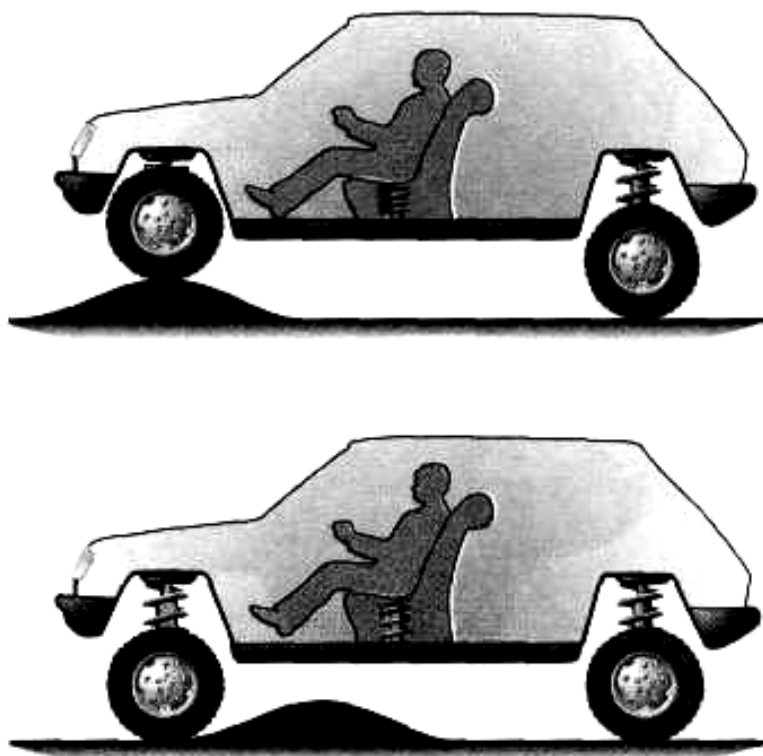


Рис. 16 - Наезд колеса автомобиля на дорожную неровность

С помощью направляющего устройства подвески колесо автомобиля соединяется с кузовом или рамой автомобиля. Через элементы направляющего устройства на кузов автомобиля передаются все силы, возникающие в контакте колеса с дорогой. Кроме того, направляющее устройство определяет характер перемещения колес относительно кузова автомобиля.

При наезде колеса на неровность дороги оно приподнимается, и это перемещение воспринимается упругим устройством подвески, которое деформируется (рис. 16) и тем самым накапливает полученную энергию. Затем накопленная энергия передается кузову автомобиля, который, в свою очередь, приподнимается на некоторую высоту, а затем начинает опускаться.

За счет упругих свойств подвески исключается повторение кузовом автомобиля дорожных неровностей и существенно улучшается плавность хода автомобиля. Потеря энергии при работе упругого элемента незначительна, и поэтому возникающие колебания кузова могут продолжаться довольно долго, что неблагоприятно сказывается на комфортабельности движения. Для



уменьшения амплитуды колебаний применяют гасящие устройства — амортизаторы, которые эффективно рассеивают энергию и приводят к быстрому затуханию колебаний. На самочувствие человека влияет не только амплитуда колебаний кузова, но и их частота. Поэтому при конструировании подвески с помощью подбора упругих и гасящих устройств разработчики стремятся обеспечить необходимые характеристики.

#### **4.3. Подрессоренные и неподрессоренные массы**

Конструкция подвески автомобиля в значительной степени определяется соотношением между подрессоренными и неподрессоренными массами.

Из названия можно сделать вывод, что подрессоренной массой автомобиля считается та его часть, которая воспринимается подвеской и имеет между собой и дорогой упругий элемент. К неподрессоренным массам относятся все оставшиеся части: колеса, шины, ступицы колес, тормозные барабаны или диски. При наезде колеса на дорожную неровность оно поднимается и передает усилие на кузов, действуя через упругий элемент. Воздействие этого перемещения колеса на перемещение кузова зависит оттого, насколько кузов тяжелее колеса и всего, что соединено с ним, — другими словами, от соотношения подрессоренных и неподрессоренных масс. Чем меньше величина неподрессоренных масс, тем меньшее воздействие на плавность хода оказывает движение по неровной дороге. Это явилось основной причиной перехода к независимым подвескам, которые не имеют тяжелой балки, соединяющей колеса, и в которых только само колесо и все, что связано с ним, является неподрессоренным.

Большая величина отношения подрессоренных и неподрессоренных масс оказывает влияние не только на плавность хода, но и на способность автомобиля держать дорогу. Чем тяжелее кузов относительно колеса, тем быстрее колесо возвращается на место постоянного контакта, после того как

оторвется от дороги при наезде на неровность. Поэтому конструкторы современных автомобилей стремятся максимально снизить величину неподрессоренных масс.

#### **4.4. Схождение и развал колес**

Для повышения устойчивости автомобиля при движении, легкости управления и снижения износа шин служат углы установки передних управляемых колес. К таким углам относятся: схождение и развал колес, продольный и поперечный наклон геометрической оси поворота управляемого колеса.

Передние колеса автомобиля (а иногда и задние) устанавливаются не параллельно, а под определенными углами друг к другу. Положение колеса относительно вертикальной плоскости называется развалом колеса, а относительно горизонтальной — схождением. Схождение и развал бывают как положительными, так и отрицательными (рис. 17).

Несмотря на то что наименьшее сопротивление движению и меньший износ шин будут в случае, когда колеса катятся в вертикальных плоскостях, параллельных продольной оси автомобиля, их все же устанавливают с развалом и схождением. Дело в том, что при движении автомобиля его колеса нагружены силами взаимодействия с дорогой. Например, на передние колеса автомобиля с задним приводом большую часть времени действуют силы, направленные против движения и стремящиеся развернуть колеса наружу. В подвеске автомобиля имеются упругие элементы, которые имеют определенную эластичность и дают возможность колесам повернуться наружу. Для того чтобы при движении колеса катились параллельно продольной плоскости автомобиля, их предварительно устанавливают с небольшим положительным схождением. У автомобилей с передними ведущими колесами, у которых большую часть времени на эти колеса действует сила тяги, совпадающая с направлением

движения, колеса устанавливаются с отрицательным схождение. Установка колес с развалом обусловлена более сложными причинами. Колеса при движении автомобиля по возможности должны находиться в положении, когда они перпендикулярны дорожной поверхности (нулевой угол развала). Если колесо катится под углом к вертикали, сцепление шины с дорогой уменьшается, а пятно контакта шины с дорогой изменяет свою форму, что приводит к появлению боковой силы, которая стремится дестабилизировать движение автомобиля.

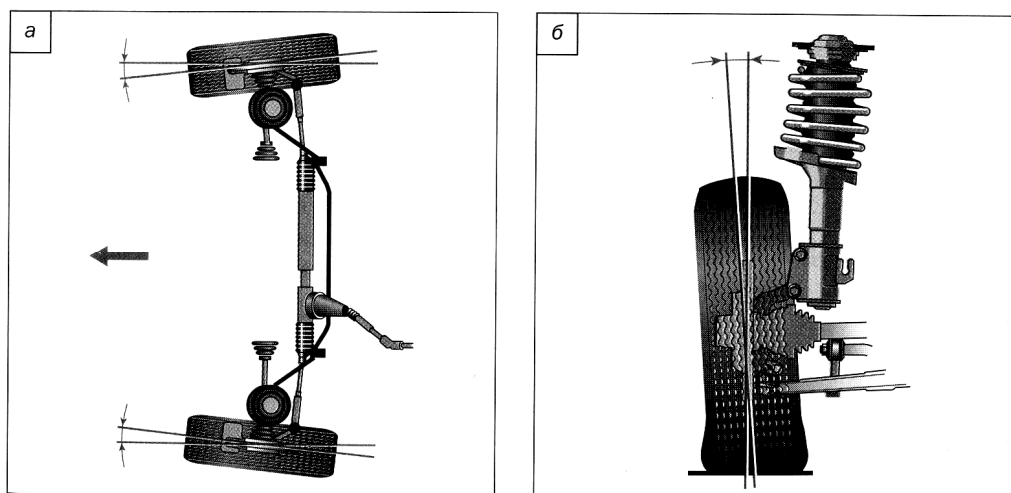


Рис. 17 – Схождение (а) и развал (б) колес

Можно создать такую независимую подвеску, в которой колесо будет перемещаться в вертикальной плоскости без наклона при движении по любой прямолинейной дороге. Гораздо труднее сохранить вертикальность колеса, когда кузов автомобиля, к которому присоединен направляющий элемент, наклоняется при прохождении автомобилем поворота. Поэтому конструкторы современных подвесок выяснили, что лучше позволить изменяться развалу, но сделать его направленным противоположно крену кузова, поскольку это сохраняет вертикальное положение колес при поворотах. Такой подход обеспечивает улучшение сцепных свойств при прохождении поворотов и, как следствие, улучшение устойчивости и управляемости.

Для самовозврата колес к прямолинейному движению после поворота служит угол поперечного наклона шкворня. Наличие такого наклона приводит к возникновению стабилизирующего момента на управляемых колесах,

который зависит от величины этого угла наклона и силы тяжести, приходящихся на управляемые колеса, но не зависит от скорости движения. Эти углы лежат в пределах 6-10°.

Наклон геометрической оси в продольной плоскости заключается в смещении нижнего конца этой оси относительно вертикали. Данный угол наклона служит для сохранения прямолинейного движения колес при движении с большими скоростями. Создаваемые реактивные усилия на плечах, представляющих собой расстояния от точек касания с дорогой, стремятся вернуть колеса в положение прямолинейного движения. Этот угол обычно равен 1-3,5° и зависит от боковой упругости шин.

#### **4.5. Упругие элементы**

В качестве упругих устройств в подвесках современных автомобилей используют металлические и неметаллические элементы. Наибольшее распространение получили металлические устройства: пружины, листовые рессоры и торсионы.

Наиболее широко (особенно в подвесках трамвая, метрополитена и легковых автомобилей) применяются витые пружины, изготавливаемые из стального упругого стержня круглого сечения.

При сжатии пружины по вертикальной оси, ее витки сближаются и закручиваются. Если пружина имеет цилиндрическую форму, то при ее деформации расстояние между витками сохраняется постоянным и пружина имеет линейную характеристику. Это значит, что деформация цилиндрической пружины всегда прямо пропорциональна приложенному усилию, а пружина имеет постоянную жесткость. Если изготовить витую пружину из прутка переменного сечения или придать пружине определенную форму (в виде бочонка или кокона), то такой упругий элемент будет иметь переменную жесткость. При сжатии такой пружины вначале будут сближаться менее жесткие витки, а после их соприкосновения в работу вступят более жесткие. Пружины переменной жесткости широко применяются в подвесках современных легковых автомобилей.

К достоинствам пружин, применяемых в качестве упругих элементов подвесок, следует отнести их малую массу и возможность обеспечения высокой

плавности хода автомобиля. В то же время пружина не может передавать усилия в поперечной плоскости и ее применение требует наличия в подвеске сложного направляющего устройства. **Листовая рессора** служила упругим элементом подвески еще на гужевых экипажах и первых автомобилях, но она продолжает применяться и в наши дни, правда в основном на грузовых автомобилях, троллейбусах. Типичная листовая рессора состоит из набора скрепленных между собой листов (рис. 18) различной длины, изготовленных из пружинной стали. Листовая рессора обычно имеет форму полуэллипса (эллипса).

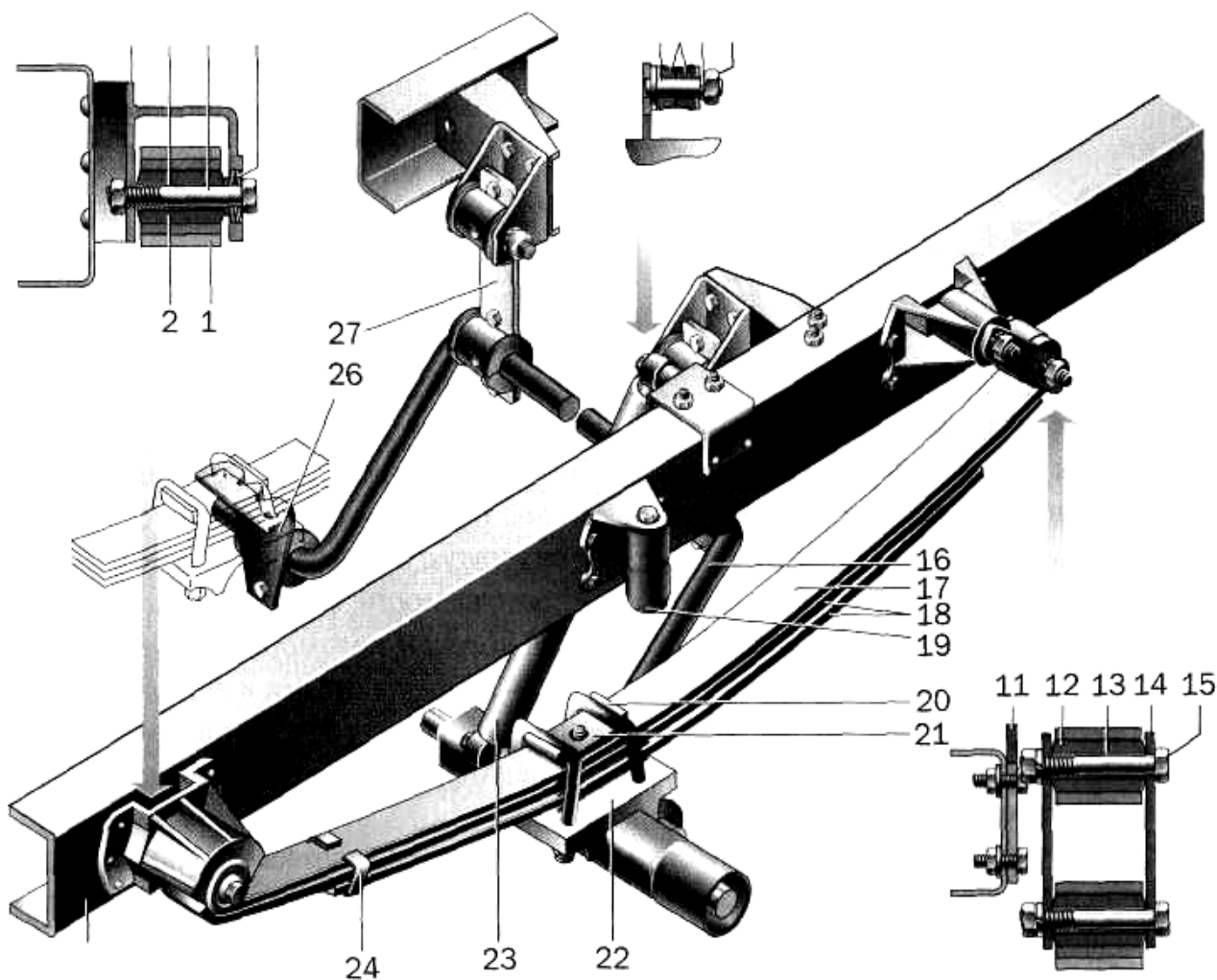


Рис. 18 - Задняя рессорная подвеска:

- 1 — проушина рессоры; 2 — резиновая втулка; 3 — кронштейн; 4 — втулка; 5 — болт;
- 6 — шайбы; 7 — палец; 8 — резиновые втулки; 9 — пружинная шайба; 10 — гайка;
- 11 — кронштейн; 12 — втулка резиновая; 13 — втулка; 14 — пластина серьги; 15 — болт;
- 16 — штанга стабилизатора; 17 — коренной лист; 18 — листы рессоры; 19 — резиновый
- буфер хода сжатия; 20 — стремянки; 21 — накладка; 22 — балка заднего моста;
- 23 — амортизатор; 24 — хомут; 25 — лонжерон рамы; 26 — кронштейн стабилизатора;
- 27 — серьга стабилизатора

Листы, из которых состоит рессора, имеют различную длину и кривизну. Чем меньше длина листа, тем больше должна быть его кривизна, что необходимо для более плотного взаимного прилегания листов в собранной рессоре. При такой конструкции уменьшается нагрузка на самый длинный (коренной) лист рессоры. Листы рессоры скрепляют между собой центровым болтом и хомутами. С помощью коренного листа рессора прикрепляется шарнирно обоими концами к кузову или раме и может передавать усилия от колес автомобиля на раму или кузов. Форма концов коренного листа определяется способом крепления его к раме (кузову) и необходимостью обеспечения компенсации изменения длины листа. Один из концов рессоры должен иметь возможность поворачиваться, а другой поворачиваться и перемещаться.

При деформации рессоры ее листы изгибаются и изменяют свою длину. При этом происходит трение листов друг о друга, и поэтому они требуют смазки, а между листами рессор легковых автомобилей устанавливают специальные антифрикционные прокладки. В то же время наличие трения в рессоре позволяет гасить колебания кузова и в некоторых случаях дает возможность обойтись без применения в подвеске амортизаторов. Рессорная подвеска имеет простую конструкцию, но большую массу, что и определяет наибольшее ее распространение в подвесках грузовых автомобилей и некоторых легковых автомобилях повышенной проходимости. Для уменьшения массы рессорных подвесок и улучшения плавности хода иногда применяются малолистовые и однолистовые рессоры с листом переменного по длине сечения. Довольно редко в подвесках применяются рессоры, изготовленные из армированной пластмассы. Например, в задней подвеске автомобиля ***VOLVO-940*** использовалась такая рессора, установленная поперечно.

**Торсион** — металлический упругий элемент, работающий на скручивание. Обычно торсион представляет собой сплошной металлический стержень круглого сечения с утолщениями на концах, на которых нарезаны

шлицы. Встречаются подвески, в которых торсионы изготовлены из набора пластин или стержней (автомобили ЗАЗ). Одним концом торсион крепится к кузову (раме), а другим к направляющему устройству. При перемещениях колес торсионы закручиваются, обеспечивая упругую связь между колесом и кузовом. В зависимости от конструкции подвески торсионы могут располагаться как вдоль продольной оси автомобиля (обычно под полом), так и поперек. Торсионные подвески получаются компактными и легкими (рис. 19) и дают возможность регулировки подвески путем предварительного закручивания торсионов.

В задней подвеске автомобиля *PEUGEOT 206* используются два торсиона, соединенные с продольными рычагами. В направляющем устройстве подвески применяются трубчатые рычаги, установленные под углом к продольной оси автомобиля.

Неметаллические упругие элементы подвесок делятся на резиновые, пневматические и гидропневматические.

**Резиновые** упругие элементы присутствуют практически во всех конструкциях подвесок, но не в качестве основных, а как дополнительные, используемые для ограничения хода колес вверх и вниз. Применение дополнительных резиновых ограничителей (буферов, отбойников) ограничивает деформацию основных упругих элементов подвески, увеличивая ее жесткость при больших перемещениях и предотвращая удары металла по металлу. В последнее время резиновые элементы все чаще заменяются устройствами из синтетических материалов (полиуретан).

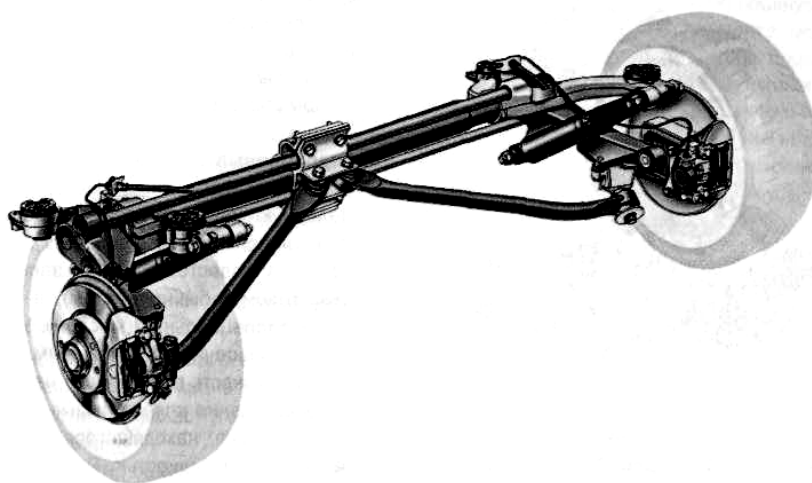


Рис. 19 - Торсионная подвеска.

В **пневматических** упругих элементах используются упругие свойства сжатого воздуха. Упругий элемент представляет собой баллон, изготовленный из армированной резины, в который подается под давлением воздух от специального компрессора. Форма пневмобаллонов может быть различной. Получили распространение баллоны рукавного типа (рис. 20, а) и двойные (двухсекционные) баллоны (рис. 20, б).

К преимуществам пневматических упругих элементов подвесок следует отнести высокую плавность хода автомобиля, небольшую массу и возможность поддержания постоянным уровня пола кузова, независимо от загрузки автомобиля. Подвески с пневматическими упругими элементами применяют на троллейбусах, автобусах, грузовых и легковых автомобилях. Постоянство уровня пола грузовой платформы обеспечивает удобство погрузки и разгрузки грузового автомобиля, а для легковых автомобилей и автобусов — удобство при посадке и высадке пассажиров. Для получения сжатого воздуха на автобусах и грузовых автомобилях с пневматической тормозной системой используются штатные компрессоры, приводимые в действие двигателем, а на легковых автомобилях устанавливают специальные компрессоры, как правило, с электроприводом (*Rengcrover, Mercedes, Audi*). Использование пневматических упругих элементов требует применения в подвеске сложного направляющего элемента и амортизаторов. Подвески с пневматическими упругими элементами некоторых современных легковых автомобилей имеют сложное электронное управление (рис. 21), которое обеспечивает не только постоянство уровня кузова, но и автоматическое изменение жесткости отдельных пневмобаллонов на поворотах и при торможении, для уменьшения крена кузова и клевков, что в целом повышает комфортность и безопасность движения.

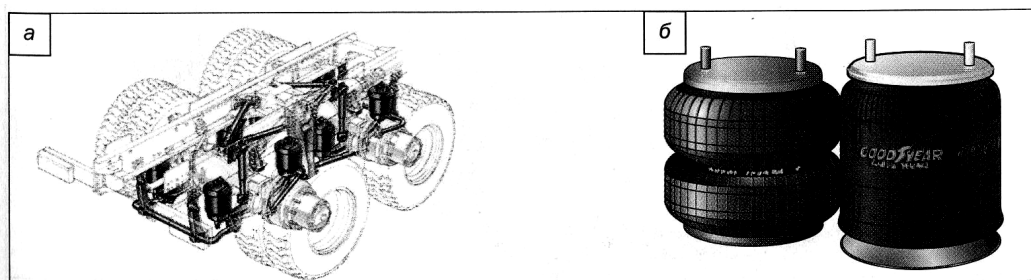


Рис. 20 - Упругие элементы пневматических подвесок:  
а — рукавного типа; б — двойные баллоны





Рис. 21 – Пневмоподвеска

На новых автомобилях *Mersedes* Е-класса вместо пружин стали применяться пневматические упругие элементы, обеспечивающие не только постоянство уровня кузова, но и автоматическое изменение жесткости отдельных пневмобаллонов на поворотах и при торможении, для уменьшения крена кузова и клевков, что в целом повышает комфортабельность и безопасность движения.

**Гидропневматический** упругий элемент представляет собой специальную камеру, разделенную на две полости эластичной мембраной или поршнем (рис. 22).

Одна из полостей камеры заполнена сжатым газом (обычно азотом), а другая жидкостью (специальным маслом). Упругие свойства обеспечиваются сжатым газом, поскольку жидкость практически не сжимается. Перемещение колеса вызывает перемещение поршня, находящегося в цилиндре, заполненном жидкостью. При ходе колеса вверх поршень вытесняет из цилиндра жидкость, которая поступает в камеру и воздействует на разделительную мембрану, которая перемещается и сжимает газ. Для поддержания необходимого давления в системе используется гидравлический насос и гидроаккумулятор. Изменяя давление жидкости, поступающей под мембрану упругого элемента, можно изменять давление газа и жесткость подвески. При колебаниях кузова жидкость проходит через систему клапанов и испытывает сопротивление. Гидравлическое трение обеспечивает гасящие свойства подвески. Гидропневматические подвески обеспечивают высокую плавность хода, возможность регулировки положения кузова и эффективное гашение колебаний. К основным недостаткам такой подвески относится ее сложность и высокая стоимость. Она применяется на некоторых легковых автомобилях

(*Citroen, Rolles-Royce, Mercedes* и др.) и реже на грузовых автомобилях (БелАЗ).

#### 4.6. Стабилизаторы поперечной устойчивости

При повороте автомобиля его кузов наклоняется на определенный угол, называемый углом крена. Величина угла крена зависит от конструкции подвески. Стабилизаторы поперечной устойчивости уменьшают угол крена кузова на поворотах и перераспределяют вес по колесам автомобиля.

Стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля представляет собой упругую штангу из пружинной стали в виде растянутой буквы П. Штанга закреплена шарнирно в средней части на кузове или подрамнике, а своими концами соединяется с подвижными элементами подвески.

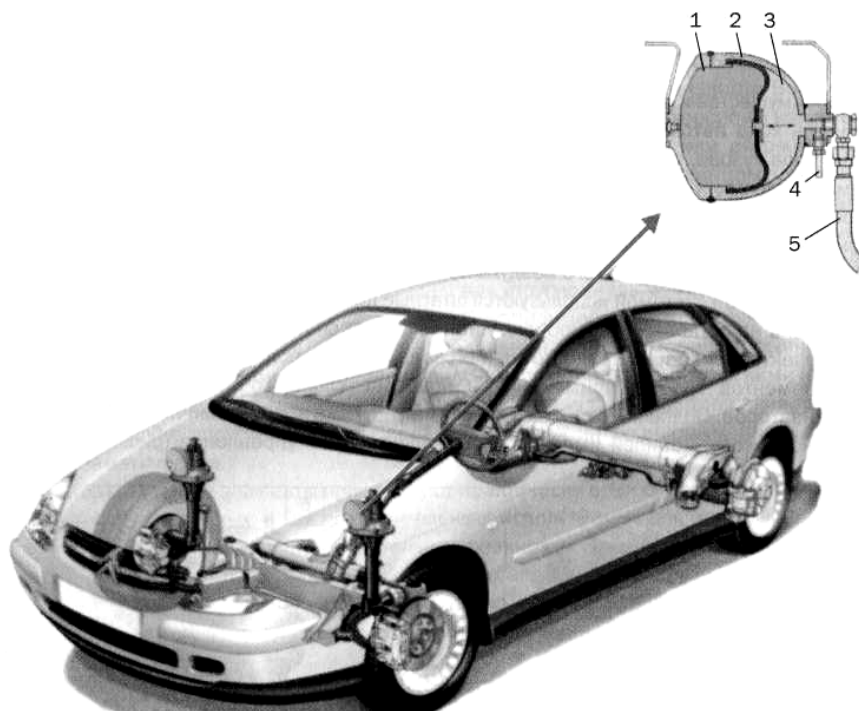


Рис. 22 - Гидропневматический упругий элемент:

1 — сжатый газ; 2 — корпус; 3 — жидкость; 4 — к насосу; 5 — к амортизаторной стойке

Стабилизаторы могут устанавливаться как в передней, так и в задней части автомобиля. Упругие свойства стабилизатора проявляются при его закручивании, как у торсиона. Если при движении автомобиля левое и правое колесо перемещаются одновременно и на одинаковое расстояние, стабилизатор практически не оказывает влияния на жесткость основных упругих элементов подвески. Стабилизатор закручивается и изменяет жесткость, уменьшая тем

самым величину крена автомобиля. Большинство современных легковых автомобилей оборудуются как минимум передним стабилизатором поперечной устойчивости. В то же время применение стабилизаторов создает определенные проблемы. Например, когда колесо, соединенное со стабилизатором, подскакивает на дорожной неровности, стабилизатор реагирует на перемещение колеса, стремясь накренить кузов. На плохих дорогах это может привести к раскачиванию кузова в поперечном направлении. Кроме того, при резких поворотах на большой скорости перераспределение нагрузки за счет жесткого стабилизатора поперечной устойчивости может привести к отрыву от дороги внутреннего колеса.

#### **4.7. Амортизаторы**

Для быстрого гашения колебаний кузова, возникающих в результате деформации рессор или пружин подвески, применяются амортизаторы. Кроме того, амортизатор снижает скорость вертикального перемещения колеса относительно кузова.

В подвесках первых автомобилей применялись амортизаторы с механическим трением. Обычно такой амортизатор состоял из набора фрикционных дисков, сжатых пружиной, которые терлись друг о друга при перемещениях подвески. Такие амортизаторы быстро изнашивались и ухудшали плавность хода автомобиля. Им на смену пришли гидравлические рычажные амортизаторы, в которых механическое трение было заменено на трение жидкости, проходящей через калиброванные отверстия (дроссельные). Рычажные амортизаторы были довольно компактны, но работали при высоких давлениях жидкости, сильно нагревались и были недолговечны. В подвесках современных автомобилей применяются телескопические гидравлические амортизаторы (рис. 23). Действие такого амортизатора основано на использовании гидравлического сопротивления, возникающего при перетекании жидкости из одной полости цилиндра в другую через отверстия, перекрытые клапанами сжатия и отдачи.

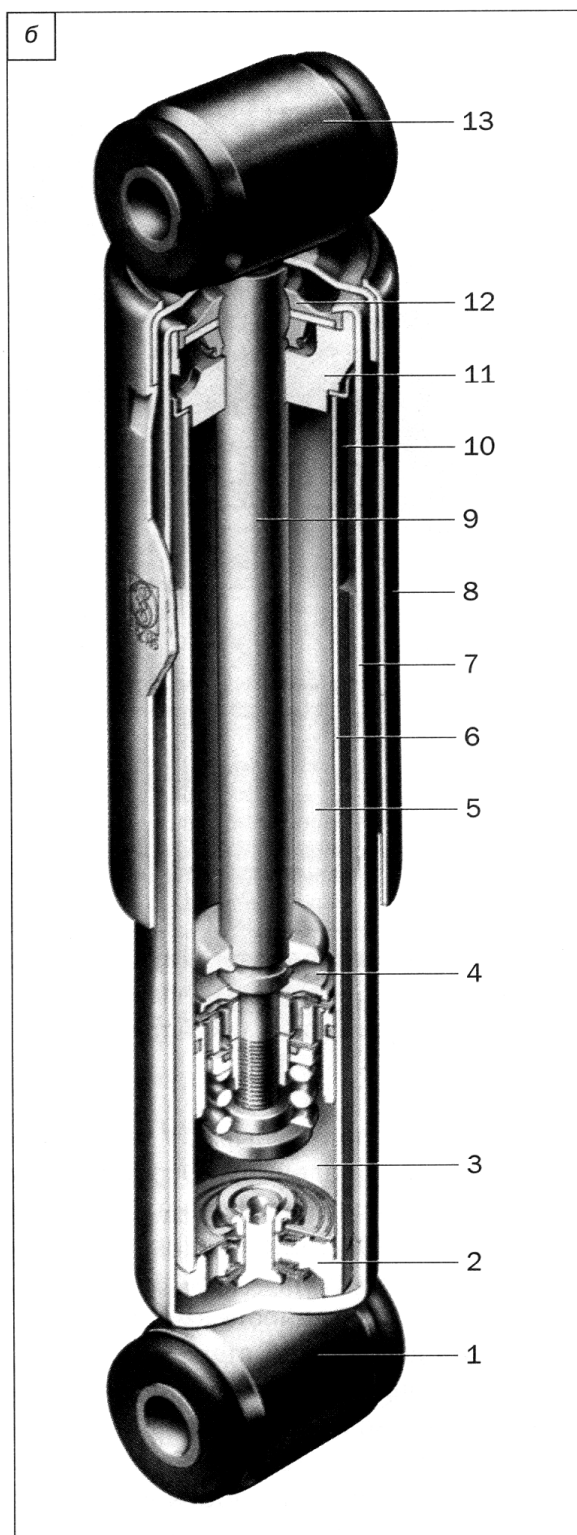
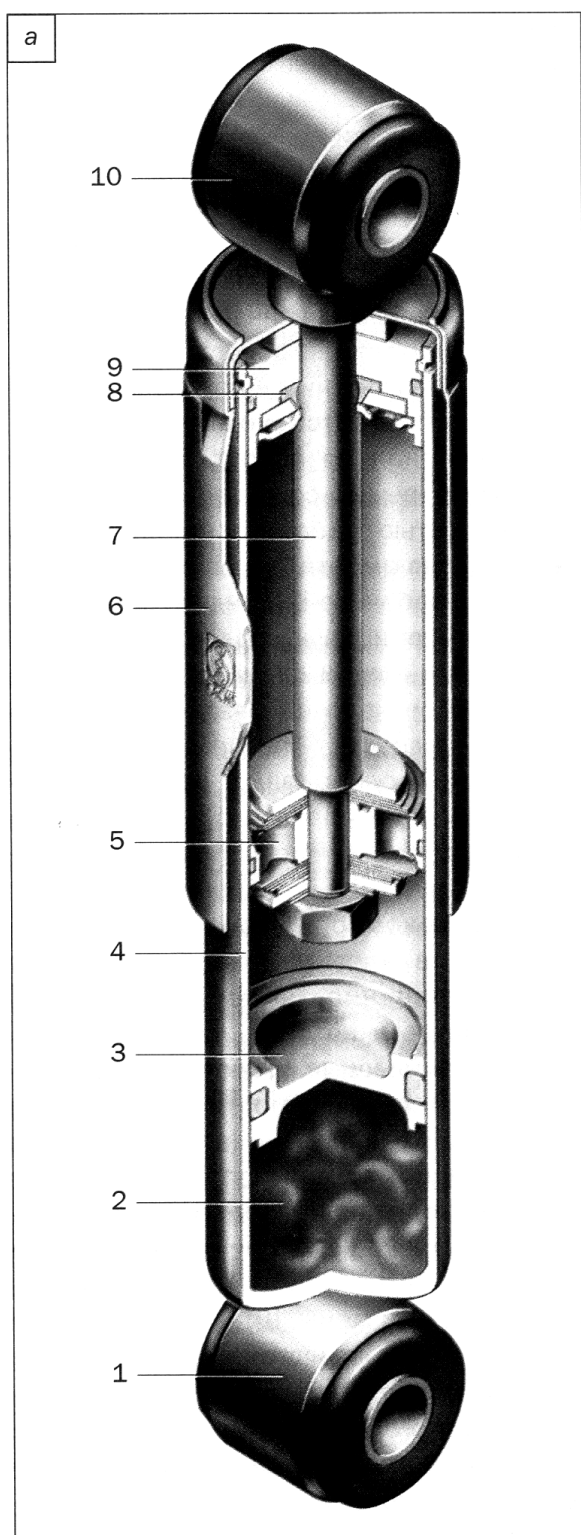


Рис. 23 - Конструкция (а) телескопического однотрубного амортизатора:  
 1 — нижняя проушина; 2 — газ; 3 — плавающий поршень; 4 — рабочий цилиндр; 5 — поршень; 6 — корпус; 7 — шток поршня; 8 — сальник штока; 9 — направляющая штока; 10 — верхняя проушина; и (б) телескопического двухтрубного амортизатора: 1 — нижняя проушина; 2 — донный клапан; 3, 5 — рабочая полость; 4 — поршень; 6 — рабочий цилиндр; 7 — корпус резервуара; 8 — корпус; 9 — шток поршня; 10 — воздух; 11 — направляющая штока; 12 — сальник штока; 13 — верхняя проушина

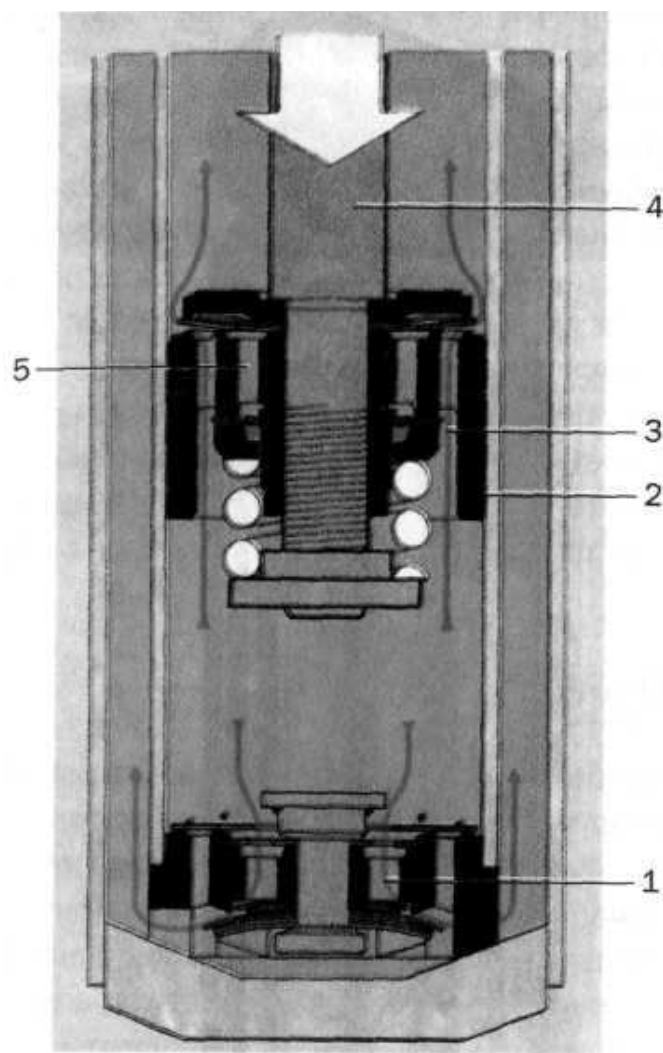


Рис. 24 - Схема работы двухтрубного амортизатора:

1 — донный клапан; 2 — поршень; 3 — клапан сжатия; 4 — шток; 5 — клапан отбоя

Телескопический амортизатор состоит из герметичного цилиндра, внутри которого перемещается поршень, соединенный со штоком. Цилиндр заполнен жидкостью. В поршне имеются отверстия определенного диаметра, которые закрываются пружинными клапанами. Один клапан установлен сверху поршня, другой — снизу. Поскольку жидкость является несжимаемой, то при перемещении поршня в одной из полостей цилиндра повышается давление, которое открывает соответствующий клапан, и жидкость перетекает через отверстия из одной полости цилиндра в другую. Эффективность действия

амортизатора пропорциональна скорости движения поршня в цилиндре. Скорость перетекания жидкости из одной полости цилиндра в другую зависит от диаметров отверстий и разности давлений в полостях. Современные телескопические амортизаторы обычно двухсторонние, т.е. они оказывают сопротивление как при сжатии, так и при растяжении (отдаче). Обычно сопротивление при растяжении больше, чем при сжатии. Любой телескопический амортизатор должен иметь устройство для компенсации изменения объема жидкости. Дело в том, что при сжатии амортизатора вытесняемый объем больше, чем освобождающийся с другой стороны поршня, потому что здесь часть объема цилиндра занимает шток. В амортизаторе (рис. 23) применяется специальная пневмокамера, заполненная сжатым газом, которая изолирована от основной части цилиндра плавающим поршнем. При ходе сжатия амортизатора объем пневмокамеры уменьшается, а при ходе отдачи — увеличивается. Наличие пневмокамеры обеспечивает также компенсацию изменения объема рабочей жидкости при изменении температуры. Амортизаторы такого типа называют однотрубными, газонаполненными. Двухтрубные амортизаторы отличаются наличием еще одного цилиндра, внутри которого находится рабочий цилиндр (рис. 24).

Дополнительная полость, находящаяся между внутренним и наружным цилиндрами, называется компенсационной. Компенсационная полость изолирована от атмосферы, но сообщается с внутренней полостью рабочего цилиндра. При ходе сжатия амортизатора излишки жидкости из рабочего цилиндра перетекают в компенсационную полость и находящийся там воздух сжимается. При ходе отдачи амортизатора сжатый воздух вытесняет жидкость обратно в рабочий цилиндр. При одинаковых рабочих ходах однотрубный амортизатор рассмотренного типа будет иметь большую длину, чем двухтрубный, из-за наличия в цилиндре пневмокамеры. Несмотря на этот недостаток, в настоящее время большее распространение имеют однотрубные амортизаторы, которые лучше охлаждаются, поскольку не имеют двойных

стенок. Двухтрубные амортизаторы также бывают газонаполненными. У таких амортизаторов в компенсационной полости газ находится под давлением. Особенностью газонаполненных амортизаторов является то, что в свободном состоянии шток амортизатора выходит из цилиндра под действием давления газа. Конструкция любого амортизатора должна обеспечивать герметичность. При нарушении герметичности появляются стуки во время работы подвески и теряется эффективность амортизатора, что означает необходимость его замены. Шток амортизатора обработан до высокой степени чистоты поверхности, а между штоком и внутренней частью цилиндра устанавливается специальное надежное уплотнение. Таким же надежным должно быть уплотнение плавающего поршня в однотрубном амортизаторе. При нарушении герметичности газ смешивается с жидкостью, образуется сжимаемая смесь, эффективность работы амортизатора снижается, появляются посторонние стуки. Рабочая поверхность штока предохраняется от повреждений защитным кожухом. На конце штока и на цилиндре имеются крепления для соединения амортизатора с рычагами подвески и кузовом автомобиля. Крепление амортизаторов осуществляется с помощью упругих элементов.

#### 4.8. Мосты

Мосты автомобиля служат для поддержания рамы и кузова и передачи от них на колеса вертикальной нагрузки, а также для передачи от колес на раму (кузов) толкающих, тормозных и боковых усилий.

На рис. 25 приведена классификация мостов.

В зависимости от типа устанавливаемых колес мосты подразделяются на ведущие, управляемые, комбинированные (ведущие и управляемые одновременно) и поддерживающие.

**Ведущий мост** (рис. 26) предназначен для передачи на раму (кузов) толкающих усилий от ведущих колес, а при торможении — тормозных усилий.

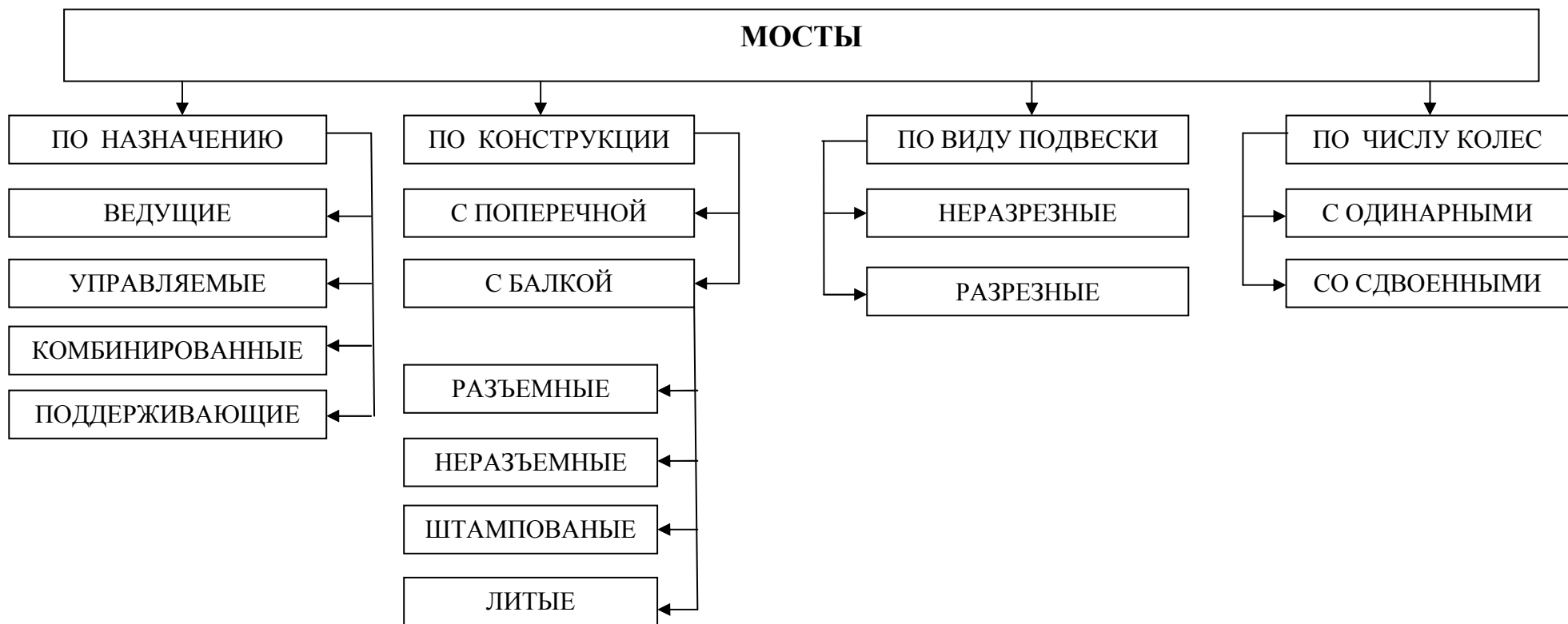


Рис. 25 - Классификация мостов автомобиля



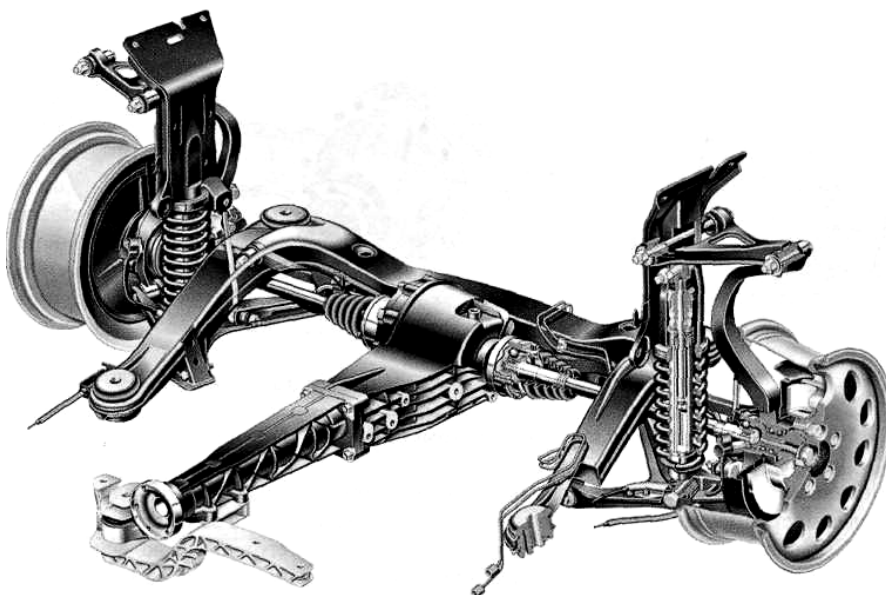


Рис. 26.- Ведущий передний мост автомобиля 4×4

Ведущий мост при зависимой подвеске представляет собой жесткую пустотелую балку, на концах которой на подшипниках установлены ступицы ведущих колес, а внутри размещены главная передача, дифференциал и полуоси.

Ведущий мост при независимой подвеске выполняется разрезным, при этом картер главной передачи закрепляется на раме, а полуоси выполняются качающимися.

Балки неразрезных мостов (зависимая подвеска) выполняются разъемными и неразъемными, а по способу изготовления — штампованными или литыми. Разъемная балка имеет поперечный разъем по картеру главной передачи и состоит из двух частей, соединенных болтами.

Картер разъемного ведущего моста обычно отливают из ковкого чугуна. Картер состоит из двух соединенных между собой частей, имеющих разъем в продольной вертикальной плоскости. Обе части картера имеют горловины, в которых запрессованы и закреплены стальные трубчатые кожухи полуосей. К ним приварены опорные площадки упругих элементов и фланцы для крепления опорных дисков колесных тормозных механизмов. Разъемные ведущие мосты

применяются на легковых автомобилях, а также на грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности.

Картер неразъемного штамповочно-сварного ведущего моста (типа банджо) выполняется в виде цельной балки с развитой центральной частью в форме кольца. Балка имеет трубчатое сечение и состоит из двух штампованных стальных половин, сваренных в продольной плоскости. Средняя часть балки моста предназначена для установки картера главной передачи и дифференциала. К балке моста приварены опорные чашки пружин подвески, фланцы для крепления опорных дисков тормозных механизмов и кронштейны крепления деталей подвески. Неразъемные штамповочно-сварные ведущие мосты получили распространение на легковых автомобилях и грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности. Эти мосты при необходимой прочности и жесткости по сравнению с неразъемными мостами имеют меньшие массу и стоимость изготовления, а также они удобнее при ремонте и регулировке главной передачи.

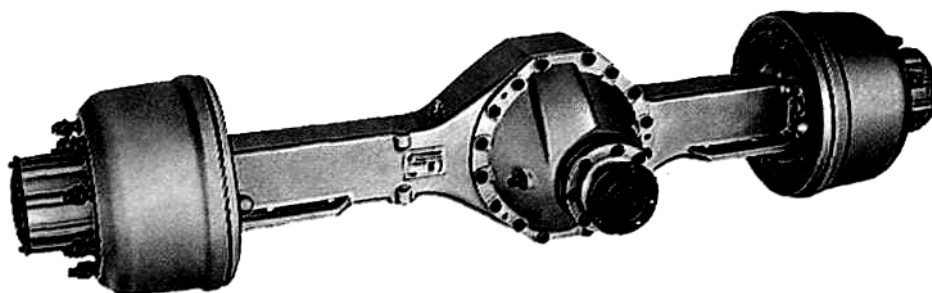


Рис. 27 - Неразъемный мост грузового автомобиля

Неразъемный литой ведущий мост (рис.27) изготавливают из ковкого чугуна или стали.

Балка моста имеет прямоугольное сечение. В полуосевые рукава запрессовываются трубы из легированной стали, на концах которых устанавливают ступицы колес. Фланцы предназначены для крепления опорных дисков тормозных механизмов. Неразъемные литые ведущие мосты получили применение на грузовых автомобилях большой грузоподъемности. Такие мосты обладают высокой жесткостью и прочностью, но имеют большую массу и габариты.

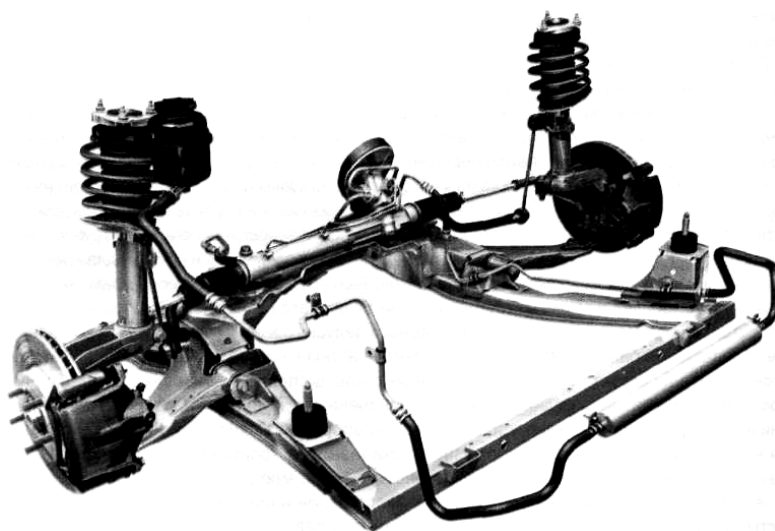


Рис. 28.- Управляемый мост

Неразъемные ведущие мосты более удобны в обслуживании, чем разъемные, т. к. для доступа к главной передаче и дифференциалу не требуется снимать мост с автомобиля.

**Управляемый** (обычно передний) мост (рис. 28) представляет собой балку, в которой на шарнирах установлены поворотные цапфы и соединительные элементы. Основой управляемого моста может служить жесткая штампованная балка или подрамник.

**Комбинированный мост** (рис. 29) выполняет функции ведущего и управляемого мостов, применяется, как правило, в качестве передних мостов переднеприводных легковых автомобилей на полноприводных автомобилях или, реже, в качестве промежуточных и задних мостов.

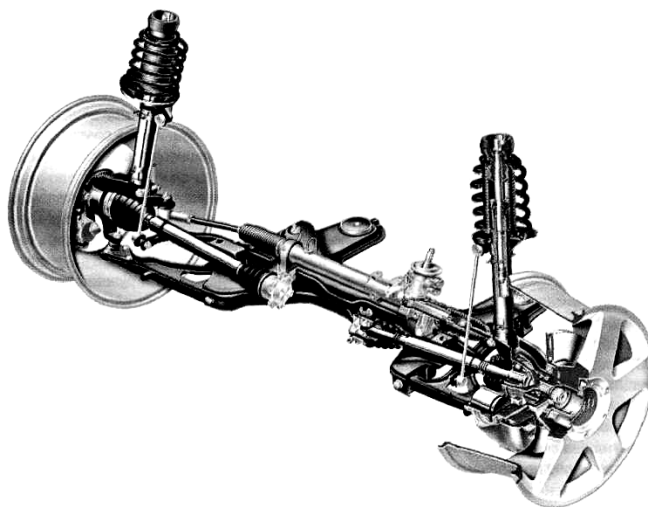


Рис.29 - Комбинированный мост

К полуосевому кожуху комбинированного моста прикрепляют шаровую опору, на которой имеются шкворневые пальцы. На последних устанавливают поворотные кулаки (цапфы). Внутри шаровых опор и поворотных кулаков находится карданный шарнир (равных угловых скоростей), через который осуществляется привод на ведущие и управляемые колеса.

**Поддерживающий мост** предназначен только для передачи вертикальной нагрузки и тормозных усилий от рамы (кузова) к колесам автомобиля. Он представляет собой балку, по концам которой на подшипниках установлены ступицы колес. Поддерживающие мосты применяют на прицепах и полуприцепах, а также на переднеприводных легковых автомобилях.

## 5. РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Рулевое управление является одной из важнейших систем управления автомобилем, используется водителем постоянно при движении, оказывает существенное влияние на безопасность движения и утомляемость водителя. Основное назначение рулевого управления — обеспечивать изменение направления движения.

Поскольку орган управления — рулевое колесо — постоянно находится в руках водителя, оно на современных транспортных средствах выполняет также информационную функцию — по усилиям, вибрациям на рулевом колесе происходит передача водителю информации о состоянии дорожного покрытия, нагруженности контакта колес с дорогой.

Рулевое управление автомобиля должно обеспечивать ощущаемую водителем связь между углом поворота рулевого колеса и направлением движения автомобиля, обладать высокой надежностью. Усилия, необходимые для управления, не должны приводить к повышенной утомляемости водителя и в тоже время должны информировать его о состоянии контакта управляемых колес с дорогой (обеспечивать «чувство дороги»). От рулевого управления зависит минимальный радиус поворота автомобиля на ограниченных площадях. Конструкция рулевого управления не должна передавать ударные нагрузки от неровностей дороги на руки водителя.

Все перечисленные выше требования учитываются при проектировании рулевого управления.

Изменить направление движения автомобиля можно двумя различными способами: за счет поворота колес или звеньев автомобиля в горизонтальной плоскости (кинематический способ) или за счет создания на колесах правого и левого борта различных по величине или по направлению продольных сил (силовой способ).

Для управления большинством современных автомобилей применяется

кинематический способ, который может быть реализован путем:

- поворота управляемой оси;
- поворота управляемых колес;
- поворота сочлененных звеньев (складывания рамы).

Поворот управляемой оси — это наиболее старый из известных способов управления. Он применялся еще на двухосных гужевых повозках. При таком способе ось с колесами поворачивалась относительно шкворня, установленного в центре повозки. Система управления получалась очень простой, но требовала сильного сужения передней части кузова для перекачивания управляемых колес, не обеспечивала демпфирования ударов от неровностей дороги на органы управления и при предельных углах поворота оси возникала опасность бокового опрокидывания из-за уменьшения площади опоры автомобиля.

Для частичного устранения указанных недостатков пытались заменить управляемую ось одним колесом, установленным по центру автомобиля. В настоящее время такая схема поворота осталась на двух- и трехколесных транспортных средствах. Поворот управляемой оси сегодня применяется только на прицепах.

Принцип управления за счет поворота сочлененных звеньев применяется в случае, когда колеса транспортного средства имеют большие размеры и поворот каждого из них затруднен. Несущая система транспортного средства состоит из двух частей, к каждой из которой присоединена передняя и задняя оси. Обе части соединены друг с другом подвижно с помощью вертикального шкворня. Относительный поворот частей («складывание» рамы или иной несущей системы) происходит с помощью гидравлических цилиндров рулевого управления. К недостаткам данной схемы относится низкая точность управления при высоких скоростях, трудность размещения кузовов или кабин на двух подвижных частях рамы, усложнение трансмиссии. В связи с этим данный способ рулевого управления на современных автомобилях применяется редко, основная сфера использования — тихоходные тракторы, дорожно-

строительные машины, специальные вездеходы и т. п.

Наибольшее распространение в конструкции автомобиля получило рулевое управление с поворотными колесами. В этом случае каждое управляемое колесо может поворачиваться в горизонтальной плоскости относительно собственной оси поворота. Для синхронизации поворота правого и левого колеса одной оси они связаны шарнирным механизмом — рулевой трапецией.

Рулевая трапеция обеспечивает поворот правого и левого колес на разные углы, что позволяет им катиться на повороте по разным радиусам без проскальзывания.

Основные преимущества указанной схемы поворота: колеса занимают при поворотах небольшой объем внутри кузова, что позволяет удобно размещать над управляемым мостом другие агрегаты автомобиля (двигатель, трансмиссию и т. д.); для поворота колес требуются незначительные усилия, близкое расположение колеса к оси его поворота уменьшает удары, передающиеся от дороги на рулевое управление.

Двухосное транспортное средство имеет, как правило, одну переднюю ось с управляемыми колесами. Иногда для улучшения маневренности такие автомобили снабжают всеми управляемыми колесами, но при этом усложняется конструкция рулевого управления и возникают проблемы с управляемостью на высоких скоростях. Поэтому на автотранспортных средствах с передними и задними управляемыми колесами при движении с высокими скоростями принудительное управление задними колесами отключают, а колеса фиксируются в нейтральном положении.

Для современных скоростных легковых автомобилей конструкция подвески задних неуправляемых колес и наличие упругих резинометаллических шарниров крепления рычагов к несущей системе (эластокинематика подвески) обеспечивает при движении на повороте незначительные углы поворота колес из-за крена кузова и действия на колеса боковых сил. Это явление называется

«доворотом» неуправляемых колес и при правильно спроектированной подвеске позволяет улучшить управляемость в скоростных поворотах.

Одну ось с управляемыми колесами могут иметь и трехосные автомобили, но при условии, что вторая и третья неуправляемые оси сближены. Если эти оси разнесены или автомобиль имеет более трех осей, то для предотвращения бокового проскальзывания колес применяют несколько осей с управляемыми колесами.

При этом водитель непосредственно поворачивает колеса первой оси, колеса прочих осей связаны с первой осью с помощью механических, гидравлических или электрогидравлических передач, которые управляют их поворотом. Управляемые колеса полуприцепов могут поворачиваться в зависимости от угла складывания между автомобилем-тягачом и полуприцепом или двумя частями сочлененных автобусов.

В ряде случаев для упрощения конструкции рулевого управления задние поворотные колеса многоосных автомобилей и прицепов делаются самоустанавливающимися, т. е. колеса на повороте сами поворачиваются на углы, при которых на них не воздействуют боковые силы.

Силовой способ поворота автомобиля аналогичен способу поворотов гусеничных машин. При этом способе функции рулевого управления выполняет специальная трансмиссия. При воздействии водителя на органы управления трансмиссия подтормаживает колеса одного борта с подачей тяговых сил на колеса другого, что вызывает появление момента сил правого и левого борта, который стремится повернуть машину относительно вертикальной оси. Такая схема управления обеспечивает поворот практически на месте. Но силовой способ управления на современных автомобилях почти не применяется, что связано с низкой точностью управления на больших скоростях, высоким износом шин, необходимостью устанавливать двигатели повышенной мощности и сложные трансмиссии.



## 5.1. Общее устройство рулевого управления

Рулевое управление (рис. 30) современных автомобилей с поворотными колесами включает в себя следующие элементы:

- рулевое колесо с рулевым валом (рулевой колонкой);
- рулевой механизм;
- рулевой привод (может содержать усилитель и (или) амортизаторы).

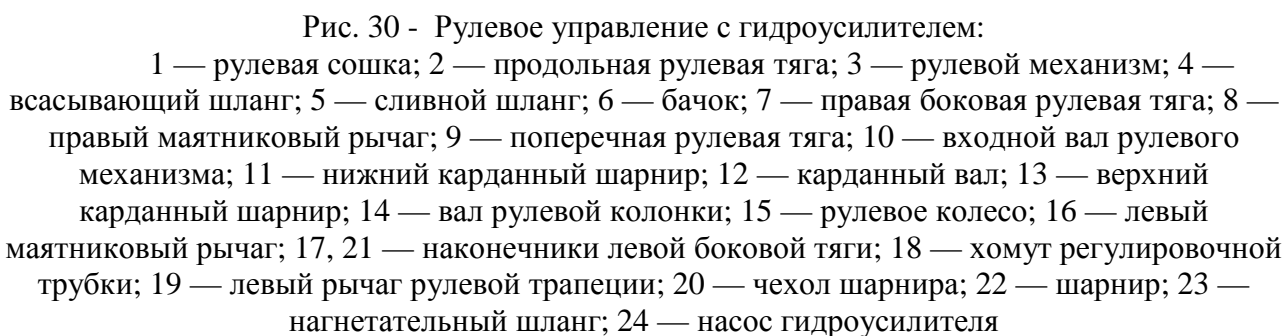
Рулевое колесо находится в кабине водителя и расположено под таким углом к вертикали, который обеспечивает наиболее удобный хват его обода руками водителя. Чем больше диаметр рулевого колеса, тем при прочих равных условиях меньше усилия на ободе рулевого колеса, но при этом уменьшается возможность быстрого поворота руля при выполнении резких маневров. Диаметр рулевого колеса современных легковых автомобилей лежит в пределах 380-425 мм, тяжелых грузовых и автобусов — 440-550 мм, наименьшие диаметры имеют рулевые колеса спортивных автомобилей.

Рулевой механизм представляет собой механический редуктор, его основная задача — увеличение приложенного к рулевому колесу усилия водителя, необходимого для поворота управляемых колес. Рулевые управления без рулевых механизмов, когда водитель непосредственно поворачивает управляемое колесо, сохранились лишь на очень легких транспортных средствах, например на мотоциклах. Рулевой механизм имеет достаточно большое передаточное число, поэтому для поворота управляемых колес на максимальный угол  $30-45^\circ$  необходимо сделать несколько оборотов рулевого колеса.

Рулевой вал соединяет рулевое колесо с рулевым механизмом и часто выполняется шарнирным, что позволяет более рационально компоновать элементы рулевого управления, а для грузовых автомобилей применять откидывающуюся кабину.

Кроме того, шарнирный рулевой вал повышает травмобезопасность рулевого колеса при авариях, уменьшая перемещение рулевого колеса внутрь салона и возможность травмирования грудной клетки водителя.

С этой же целью в рулевой вал иногда встраивают сминаемые элементы (рис. 31), а рулевое колесо покрывают относительно мягким материалом, не дающем при разрушении острых осколков.



58

системы, рулевой привод обязан обеспечить необходимый угол поворота колес независимо от вертикальных перемещений подвески (согласованность кинематики рулевого привода и подвески). В связи с этим конструкция рулевого привода, а именно количество и расположение рулевых тяг и шарниров, зависит от типа применяемой подвески автомобиля. Наиболее сложным рулевой привод имеют автомобили с несколькими управляемыми мостами.

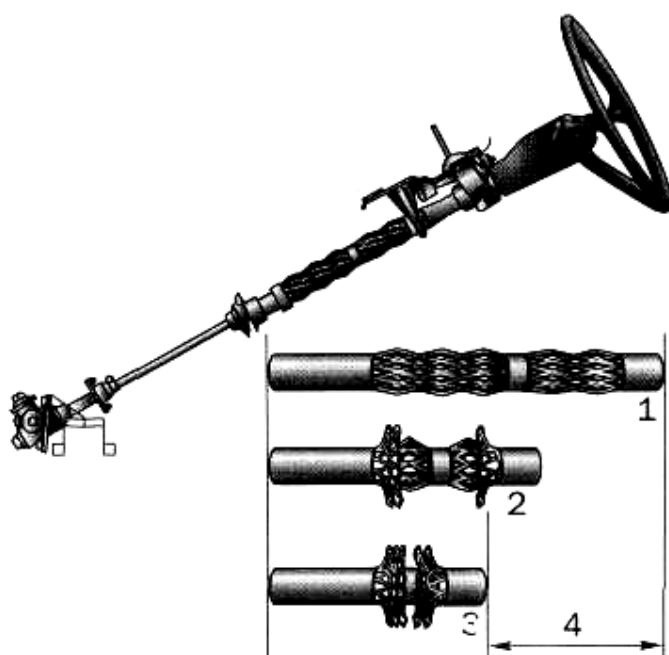


Рис. 31 - Рулевой вал со сминаемыми при ударе элементами:  
1 — вал до удара; 2 — вал в процессе смятия; 3 — полностью «сложенный» вал; 4 — максимальный ход рулевого вала

Для дополнительного уменьшения усилий, необходимых для поворота рулевого колеса, в рулевом приводе применяют усилители рулевого управления. Источником энергии для работы усилителя является, как правило, двигатель автомобиля. Первоначально усилители применялись лишь на тяжелых грузовых автомобилях и автобусах, в настоящее время используются и на легковых.

Для смягчения рывков и ударов, которые передаются на рулевое колесо при движении по неровной дороге, в рулевой привод иногда встраивают гасящие элементы — амортизаторы рулевого управления. Конструкция

указанных амортизаторов принципиально не отличается от конструкции амортизаторов подвески.

## **5.2. Рулевой механизм**

К рулевому механизму предъявляются следующие требования:

- оптимальное передаточное число, определяющее соотношение между необходимым углом поворота рулевого колеса и усилием на нем;
- незначительные потери энергии при работе (высокий КПД);
- возможность самопроизвольного возврата рулевого колеса в нейтральное положение, после того как водитель перестал удерживать рулевое колесо в повернутом положении;
- незначительные зазоры в подвижных соединениях для обеспечения малого люфта или свободного хода рулевого колеса;
- высокая надежность.

Наибольшее распространение на легковых автомобилях сегодня получили реечные рулевые механизмы (рис. 32).

Конструкция такого механизма включает в себя шестерню, установленную на валу рулевого колеса, и связанную с ней зубчатую рейку. При вращении рулевого колеса рейка перемещается вправо или влево и через присоединенные к ней тяги рулевого привода поворачивает управляемые колеса.

Причинами широкого применения на легковых автомобилях именно такого механизма являются: простота конструкции, малые масса и стоимость изготовления, высокий КПД, небольшое число тяг и шарниров. Кроме того, расположенный поперек автомобиля корпус реечного рулевого механизма оставляет достаточно места в моторном отсеке для размещения двигателя, трансмиссии и других агрегатов автомобиля. Реечное рулевое управление обладает высокой жесткостью, что обеспечивает более точное управление автомобилем при резких маневрах.

а)

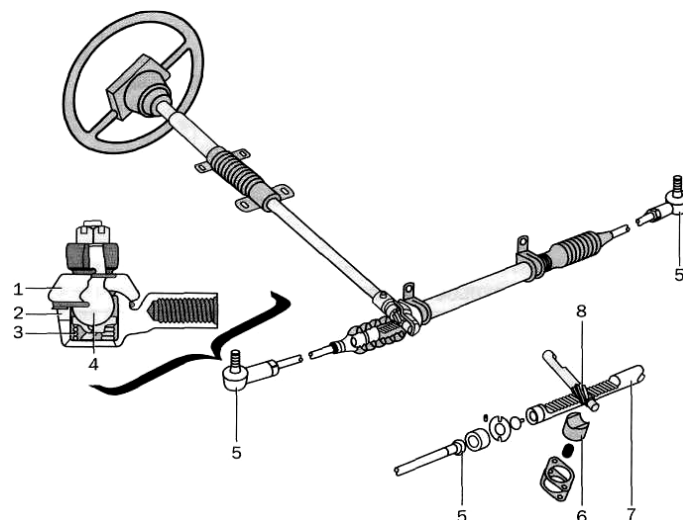
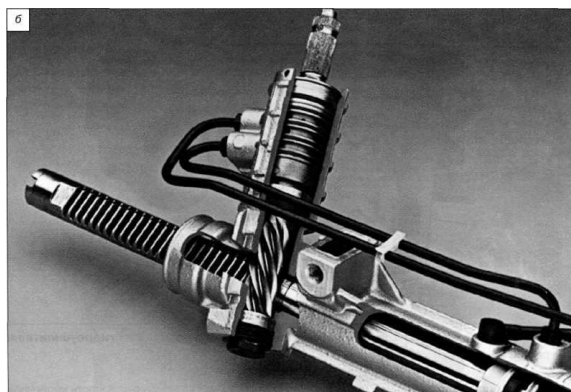


Рис. 32, (а) - Реечный рулевой механизм без гидроусилителя:

1 — чехол; 2 — вкладыш; 3 — пружина; 4 — шаровой палец; 5 — шаровой шарнир; 6 — упор; 7 — рулевая рейка; 8 — шестерня

б)



в)

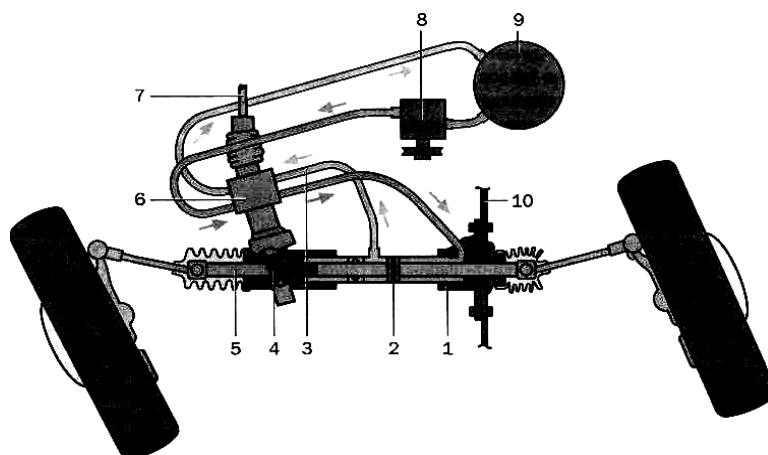


Рис. 32 (б), в - Реечный рулевой механизм с гидроусилителем:

1 — жидкость под высоким давлением; 2 — поршень; 3 — жидкость под низким давлением; 4 — шестерня; 5 — рулевая рейка; 6 — распределитель гидроусилителя; 7 — рулевая колонка; 8 — насос гидроусилителя; 9 — резервуар для жидкости; 10 — элемент подвески

Вместе с тем реечный рулевой механизм обладает и рядом недостатков: повышенная чувствительность к ударам от дорожных неровностей и передача этих ударов на рулевое колесо; склонность к виброактивности рулевого управления, повышенная нагруженность деталей, сложность установки такого рулевого механизма на автомобили с зависимой подвеской управляемых колес. Это ограничило сферу применения такого типа рулевых механизмов только легковыми (с вертикальной нагрузкой на управляемую ось до 24 кН) автомобилями с независимой подвеской управляемых колес.

Легковые автомобили с зависимой подвеской управляемых колес, малотоннажные грузовые автомобили и автобусы, легковые автомобили высокой проходимости оснащаются, как правило, рулевыми механизмами типа «глобоидальный червяк — ролик» (рис. 33).

Ранее такие механизмы применялись и на легковых автомобилях с независимой подвеской (например, семейство ВАЗ-2105, -2107), но в настоящее время их практически вытеснили реечные рулевые механизмы.

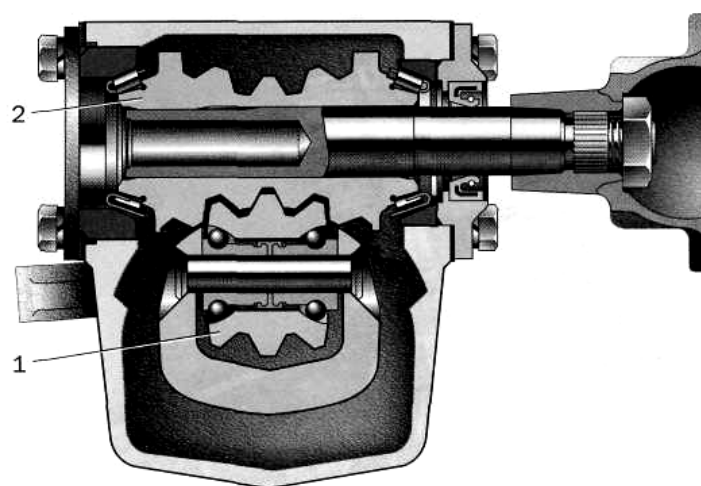
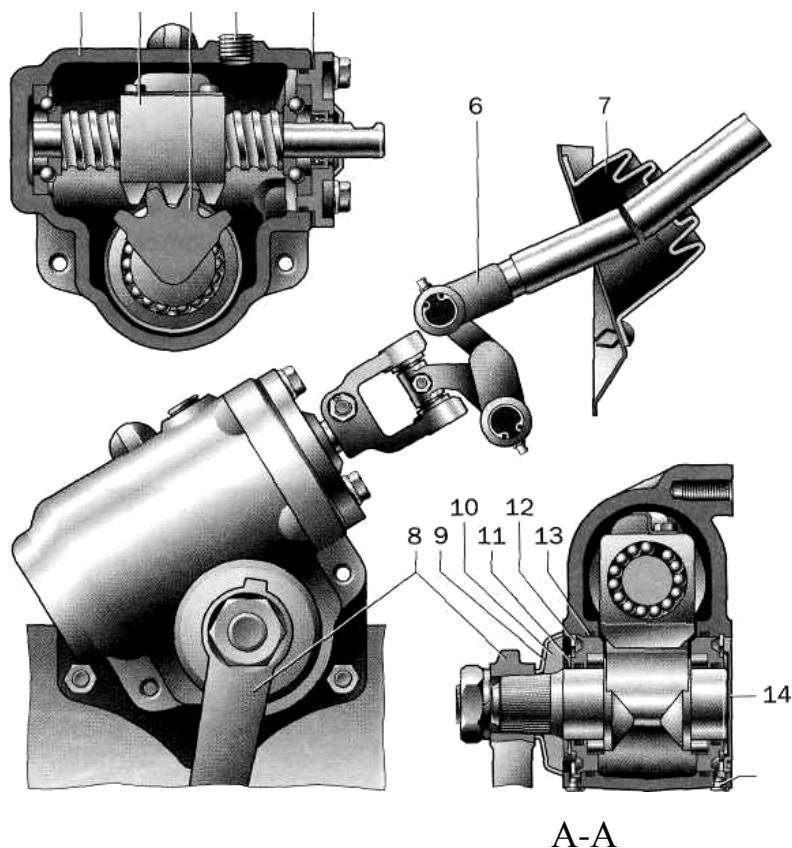


Рис. 33 - Рулевой механизм типа «глобоидальный червяк-ролик» без гидроусилителя:  
1 — ролик; 2 — червяк

Механизм типа «глобоидальный червяк-ролик» представляет собой разновидность червячной передачи и состоит из соединенного с рулевым валом глобоидального червяка (червяка с переменным диаметром) и ролика, установленного на валу. На этом же валу вне корпуса рулевого механизма установлен рычаг (сошка), с которым связаны тяги рулевого привода. Вращение рулевого колеса обеспечивает обкатывание ролика по червяку, качание сошки и поворот управляемых колес.

а)



A-A

б)

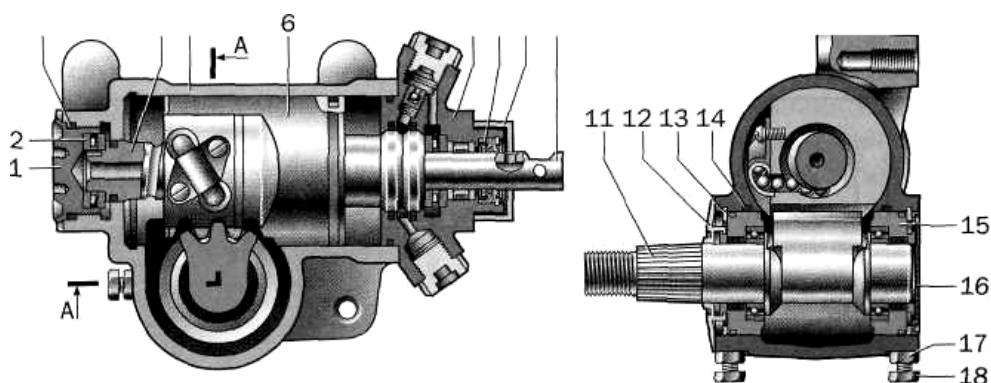


Рис. 34 - Рулевой механизм типа «винт-шариковая гайка-рейка-зубчатый сектор» без гидроусилителя (а): 1 — картер; 2 — винт с шариковой гайкой; 3 — вал-сектор; 4 — пробка заливного отверстия; 5 — регулировочные прокладки; 6 — вал; 7 — уплотнитель рулевого вала; 8 — сошка; 9 — крышка; 10 — уплотнитель вала-сектора; 11 — наружное кольцо подшипника вала-сектора; 12 — стопорное кольцо; 13 — уплотнительное кольцо; 14 — боковая крышка; 15 — пробка;  
со встроенным гидроусилителем (б): 1 — регулировочная гайка; 2 — подшипник; 3 — уплотнительное кольцо; 4 — винт; 5 — картер; 6 — поршень-рейка; 7 — гидравлический распределитель; 8 — манжета; 9 — уплотнитель; 10 — входной вал; 11 — вал-сектор; 12 — защитная крышка; 13 — стопорное кольцо; 14 — уплотнительное кольцо; 15 — наружное кольцо подшипника вала-сектора; 16 — боковая крышка; 17 — гайка; 18 — болт

В сравнении с реечными рулевыми механизмами червячные механизмы имеют меньшую чувствительность к передаче ударов от дорожных неровностей, обеспечивают большие максимальные углы поворота управляемых колес (лучшая маневренность автомобиля), хорошо komponуются с зависимой подвеской, допускают передачу больших усилий. Иногда червячные механизмы применяют на легковых автомобилях высокого класса и большой собственной массы с независимой подвеской управляемых колес, но в этом случае усложняется конструкция рулевого привода — добавляется дополнительная рулевая тяга и маятниковый рычаг. Кроме того, червячный механизм требует регулировки и дорог в изготовлении.

Наиболее распространенным рулевым механизмом для троллейбусов ЗИУ-9, тяжелых грузовых автомобилей и автобусов является механизм типа «винт-шариковая гайка-рейка-зубчатый сектор» (рис. 34).

Иногда рулевые механизмы такого типа можно встретить на больших и дорогих легковых автомобилях (*Mercedes, Range Rover* и др.).

При повороте рулевого колеса вращается вал механизма с винтовой канавкой и перемещается надетая на него гайка. При этом гайка, имеющая на внешней стороне зубчатую рейку, поворачивает зубчатый сектор вала сошки. Для уменьшения трения в паре винт-гайка передача усилий в ней происходит посредством шариков, циркулирующих в винтовой канавке. Данный рулевой механизм имеет те же преимущества, что и рассмотренный выше червячный, но имеет большой КПД, позволяет эффективно передавать большие усилия и хорошо komponуется с гидравлическим усилителем рулевого управления.

Ранее на грузовых автомобилях можно было встретить и другие типы рулевых механизмов, например «червяк-боковой сектор», «винт-кривошип», «винт-гайка-шатун-рычаг». На современных автомобилях такие механизмы из-за их сложности, необходимости регулировки и низкого КПД практически не применяются.

### 5.3. Рулевой привод

Рулевой привод должен обеспечивать оптимальное соотношение углов поворота разных управляемых колес, не вызывать поворотов колес при работе



подвески, иметь высокую надежность.

Наиболее распространен механический рулевой привод, состоящий из рулевых тяг, рулевых шарниров и, иногда, промежуточных (маятниковых) рычагов.

Поскольку рулевой шарнир должен, как правило, работать в нескольких плоскостях он делается сферическим (шаровым). Такой шарнир состоит из корпуса с вкладышами и шарового пальца с надетым на него эластичным защитным чехлом (рис. 35 и см. рис. 32, а).

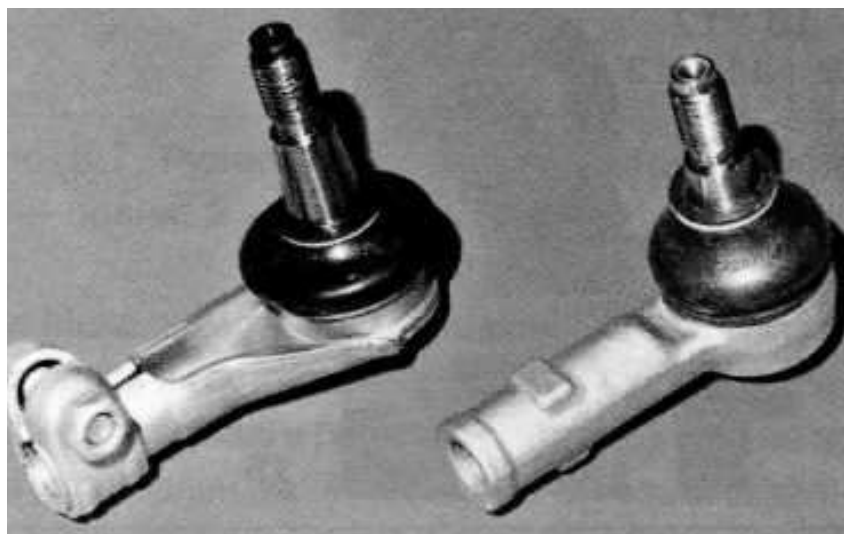


Рис. 35. - Шарнир рулевого привода с шаровым пальцем

Вкладыши выполняются из материала с антифрикционными свойствами. Чехол предотвращает попадание грязи и воды внутрь шарнира.

Рулевой привод многоосных автомобилей с несколькими передними управляемыми осями принципиально не отличается от привода автомобиля с одной управляемой осью, но имеет большее количество тяг, шарниров и рычагов.

Как было сказано выше, основная цель дополнительного поворота задних колес автомобиля — повышение маневренности, причем задние колеса должны поворачиваться в другом направлении, нежели передние. Создать механический рулевой привод, который обеспечивал бы указанный характер поворота, несложно, но оказалось, что автотранспортные средства с таким

управлением склонны к рысканью при движении по прямой и плохо управляются при входе в скоростные повороты. Поэтому в рулевой привод современных автомобилей с задними управляемыми колесами устанавливают устройства, которые отключают поворот задних колес при скоростях выше 20-30 км/ч.

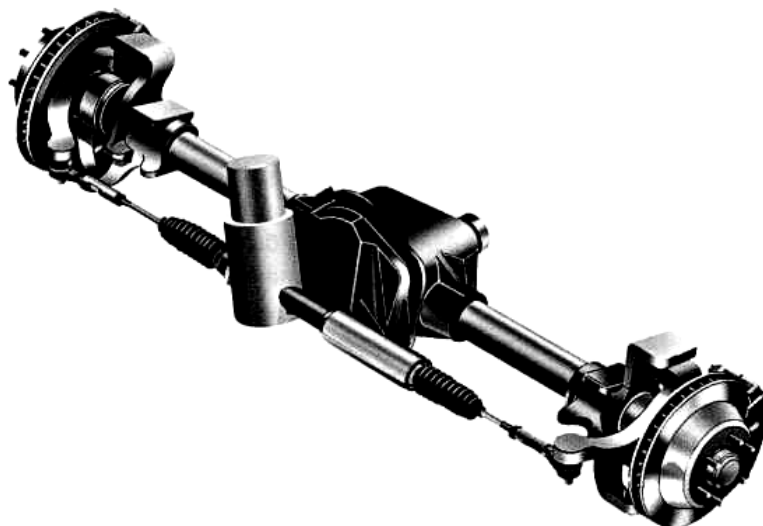


Рис. 36 - Рулевой привод задних управляемых колес автомобиля

В ряде случаев задние колеса легковых автомобилей делаются поворотными не столько для повышения маневренности, сколько для подруливания при прохождении поворотов на большой скорости. Механический, гидравлический или электрический рулевой приводы (рис. 36) обеспечивают поворот задних колес в ту или иную сторону на небольшие углы (не более  $2-3^\circ$ ), что улучшает управляемость на высоких скоростях.

#### **5.4. Усилители рулевого управления**

Если на управляемые колеса приходится большой вес, то управление затрудняется из-за необходимости прикладывать к рулевому колесу значительные усилия. Это предопределило применение усилителей рулевого управления.

Если первоначально, по указанным выше причинам, усилители

применялись на тяжелых грузовых автомобилях и автобусах с высокими нагрузками на управляемые колеса, то в последние десятилетия усилители стали более широко применяться также и на легковых автомобилях, в том числе малого класса, поскольку позволяют использовать рулевые механизмы с меньшими передаточными числами и обеспечивать точность и быстродействие управления на высоких скоростях движения (меньше необходимые углы поворота рулевого колеса). Возрастающие при этом усилия, необходимые для маневрирования с большими углами поворота колес (например, парковка), компенсируются действием усилителя. Кроме того, наличие усилителя снижает общую физическую нагрузку на водителя, в ряде случаев позволяет гасить удары от дорожных неровностей, усилитель обеспечивает возможность удержания автомобиля на дороге при повреждении шин или подвески. Но усилитель может оказать и отрицательное влияние на рулевое управление, например из-за низкого быстродействия (запаздывание включения при резких поворотах руля), потери водителем «чувства дороги», снижения точности управления при слишком облегченном повороте рулевого колеса, колебаниях управляемых колес, спровоцированных усилителями. Современные рулевые усилители имеют конструкцию, свободную от данных недостатков. Усилители, применяемые на современных автомобилях, по принципу своего действия могут быть адаптивными и неадаптивными, а по типу привода — гидравлическими, пневматическими и электрическими. Адаптивные усилители могут изменять коэффициент усиления в зависимости от скорости автомобиля. У автомобиля с таким усилителем при маневрировании на стоянке усилие, необходимое для поворота рулевого колеса, значительно ниже, чем у неадаптивных, а по мере увеличения скорости движения автомобиля усилие поворота увеличивается. Неадаптивный усилитель состоит из трех основных частей:

- источника энергии;
- силового элемента, создающего дополнительное усилие при работе рулевого управления;
- управляющего элемента, отвечающего за включение и выключение силового элемента. Адаптивный усилитель, кроме перечисленных частей, имеет датчик скорости автомобиля,

- электронный блок управления и исполнительное устройство (обычно электрогидравлическое), которое воздействует на управляющий элемент.

Большинство современных автомобилей с усилителем имеют гидравлический усилитель рулевого управления, в котором гидравлический насос, приводимый от двигателя автомобиля (источник энергии), создает давление в гидравлическом цилиндре (силовой элемент). Наиболее распространены гидроусилители, в которых силовой и распределительный элементы объединены с рулевым механизмом в одном корпусе (гидроруль). Поршнем гидроцилиндра в реечном рулевом механизме при этом является рулевая рейка (см. рис. 33), в механизме «винт-гайка-рейка-сектор» — гайка. Управляющее устройство выполнено в виде золотника на входном вале механизма, который при прикладывании усилия к рулевому колесу поворачивается (или смещается) перекрывает определенные каналы для прохода жидкости и тем самым соединяет правую или левую полость гидроцилиндра с гидравлическим насосом.

На некоторых автомобилях (многоосные, тяжелые грузовые) гидроцилиндр устанавливают в непосредственной близости от управляемого колеса для снижения нагрузок на рулевой привод. Иногда с целью унификации конструкции рулевого механизма для автомобилей с усилителями и без них золотниковое распределительное устройство также располагается на тягах рулевого привода.

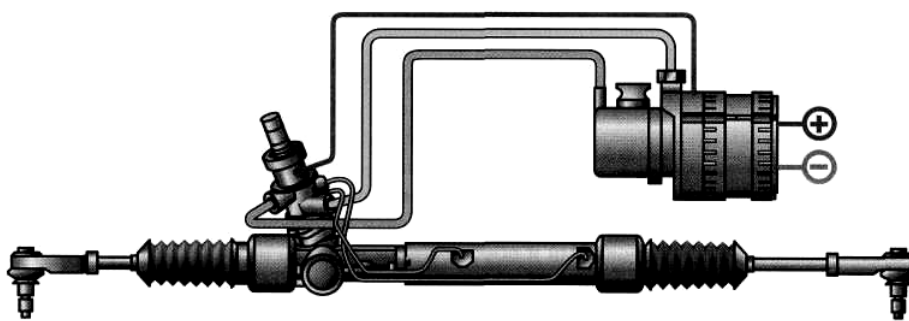


Рис. 37 - Электрогидравлический рулевой усилитель

Разновидностью гидроусилителя является электрогидравлический усилитель, в котором гидравлический насос соединен с электродвигателем, питающимся от бортовой электросети автомобиля. Конструктивно электродвигатель и гидронасос (рис. 37) объединены в силовой блок

(Powerpack).

Преимущества такой схемы: компактность, возможность функционирования при неработающем двигателе (источник энергии — АКБ автомобиля); включение гидронасоса только в необходимые моменты (экономия энергии), возможность применения электронных схем регулирования в цепях электродвигателя.

В последние годы на легковых автомобилях стали применяться электрические усилители рулевого управления, в которых функции силового элемента выполняет электродвигатель, а управляющего элемента — электронный блок. Основные преимущества данного усилителя: удобство регулирования характеристик, повышение надежности (отсутствие гидравлики), экономное расходование энергии.

Пока электроусилители применяются лишь на легких автомобилях, поскольку существующие бортовые источники электроэнергии не могут обеспечить работу электродвигателя высокой мощности. Но в случае перехода на более высокое напряжение бортовой сети (например, 42 В) можно ожидать расширения сферы применения электроусилителей.

## **6. ТОРМОЗНОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

Если отключить двигатель от ведущих колес, то автомобиль будет продолжать движение по инерции (накатом). Под действием сил сопротивления движению скорость автомобиля снижается и наконец он останавливается. Однако более эффективным является замедление под действием специально создаваемой внешней силы — тормозной.

### **6.1. Назначение тормозного управления. Способы торможения**

Тормозным управлением называется совокупность систем автомобиля, призванных уменьшать скорость движения вплоть до полной остановки и удерживать автомобиль на уклоне неограниченно длительное время.

Тормозная сила может иметь аэродинамическую природу, являться следствием использования сил трения, гидравлического сопротивления или электромагнитного поля.

Для создания аэродинамической тормозной силы используется тормозной парашют или специальные «закрылки», выдвигаемые из кузова автомобиля. Такой способ торможения используется только на гоночных автомобилях, т. к. он эффективен только при высоких скоростях движения.

Наиболее часто для замедления автомобиля или удержания его на уклоне при стоянке используют тормозную силу между колесом и дорогой. Эта сила возникает в результате того, что искусственно затрудняется свободное вращение колеса. Направление тормозной силы противоположно направлению движения автомобиля. Препятствие вращению колеса могут создавать колесный тормозной механизм, двигатель автомобиля или специальный гидравлический или электрический тормоз-замедлитель, установленный в трансмиссии.

Тормозная сила в пятне контакта шины с дорогой тем больше, чем больше оказывается сопротивление вращению колеса. Это сопротивление тем больше, чем сильнее водитель нажимает педаль тормоза. Однако не стоит думать, что увеличивая усилие на педали, можно довести тормозную силу до бесконечности. Максимальное значение тормозной силы зависит еще и от сцепления колеса с дорогой. Чем лучше сцепление шины с дорогой, тем

большая тормозная сила может быть получена. Сцепление зависит от вертикальной нагрузки, прижимающей колесо к дороге (вертикальная реакция), рисунка протектора шины и ее конструкции, состояния дорожного покрытия. Так, на асфальтовой сухой дороге торможение более эффективно, чем на той же дороге во время дождя или на льду. Максимальное сцепление колеса с дорогой при торможении обеспечивается при его качении с одновременным частичным проскальзыванием. Когда колесо полностью блокируется, т. е. скользит по дороге без проворачивания, то сцепление уменьшается на 20-30 % от максимального значения. Желательно при торможении колесо не доводить до полной блокировки.

Для получения максимального значения тормозной силы все колеса автомобиля делаются тормозящими, т. е. используются все вертикальные реакции от дороги, действующие на колеса автомобиля.

Вертикальные реакции от дороги на передние и задние колеса автомобиля меняются при изменении его загрузки, особенно у грузовых автомобилей, прицепов (полуприцепов) и автобусов. Так, например, вертикальные нагрузки на задние колеса порожнего грузового автомобиля могут отличаться от нагрузок полностью груженого автомобиля в 3-4 раза. Кроме того, при торможении, по мере увеличения замедления автомобиля, меняется соотношение вертикальных реакций на передних и задних колесах. Происходит перераспределение реакций: возрастание на передних и уменьшение на задних колесах. Для повышения эффективности торможения тормозные силы также должны меняться пропорционально изменению вертикальных реакций на передних и задних колесах.

## **6.2. Типы тормозных систем. Классификация**

Каждое транспортное средство, от самых малых автомобилей весом 400-450 кг и до больших карьерных самосвалов или автопоездов весом 500-600 т, должно быть оборудовано рабочей, запасной и стояночной тормозными системами. Рабочая (основная) тормозная система обеспечивает уменьшение скорости движения вплоть до полной остановки автомобиля, запасная тормозная система — остановку автомобиля в случае выхода из строя рабочей

тормозной системы, а стояночная тормозная — удержание остановленного автомобиля на месте, неограниченно длительное время. **Помимо этих систем на грузовых автомобилях весом более 16 т и на больших междугородных автобусах обязательно применение четвертой тормозной системы — вспомогательной (противоизносной).** Совокупность всех тормозных систем называют системой тормозного управления. Допускается не оборудовать тормозным управлением прицепы весом менее 750 кг. На рис. 38 показана схема системы тормозного управления автомобиля.

К тормозному управлению предъявляются повышенные требования, т. к. оно является важнейшим средством обеспечения активной безопасности автомобиля.



Рис. 38.- Схема системы тормозного управления

В техническом плане требования к тормозным системам следующие:

- обеспечение минимального тормозного пути, максимального установившегося замедления или тормозной силы на колесах;
- удержание транспортного средства на уклоне определенной величины на стоянке;
- сохранение устойчивости при торможении (критериями устойчивости служат линейное отклонение, угловое отклонение, угол складывания автопоезда);
- стабильность тормозных свойств при неоднократных торможениях, при которых происходит разогрев тормозных механизмов;
- минимальное время срабатывания тормозного привода;



- следящее действие тормозного привода, т. е. пропорциональность между усилием на педали (рычаге) и тормозным моментом на колесе;
- малая работа управления тормозными системами (усилие на тормозной педали, в зависимости от назначения автотранспортного средства, должно быть не более 500-700 Н; ход тормозной педали 80-180 мм);
- поддержание установившейся скорости при движении на затяжном спуске (для вспомогательной тормозной системы);
- отсутствие полного блокирования (юза) колес;
- неравномерность действия тормозов левого и правого колес одной оси не должна превышать определенной величины;
- отсутствие раздражающих органолептических явлений при торможении (скрип, неприятный запах);
- повышенная надежность всех элементов тормозных систем, основные элементы которых не должны выходить из строя на протяжении гарантированного ресурса.

Должна быть также предусмотрена сигнализация, оповещающая водителя о неисправностях в системе тормозного управления.

Рабочая тормозная система автомобиля обычно приводится в действие ножной тормозной педалью. На автомобилях, специально предназначенных для управления водителями-инвалидами без обеих ног, рабочая тормозная система приводится в действие рукой от специального рычага, закрепленного на руле. На прицепах и полуприцепах рабочая система приводится в действие по гидравлическому, пневматическому или электрическому сигналу, поступающему от тормозной системы автомобиля-тягача в момент начала его торможения. Существуют также тормозные системы прицепов, в которых рабочая система начинает срабатывать вследствие набегания (накатывания) прицепа на тормозящий тягач, при котором возникает сила сжатия в сцепке. Такая тормозная система прицепа называется тормозом наката.

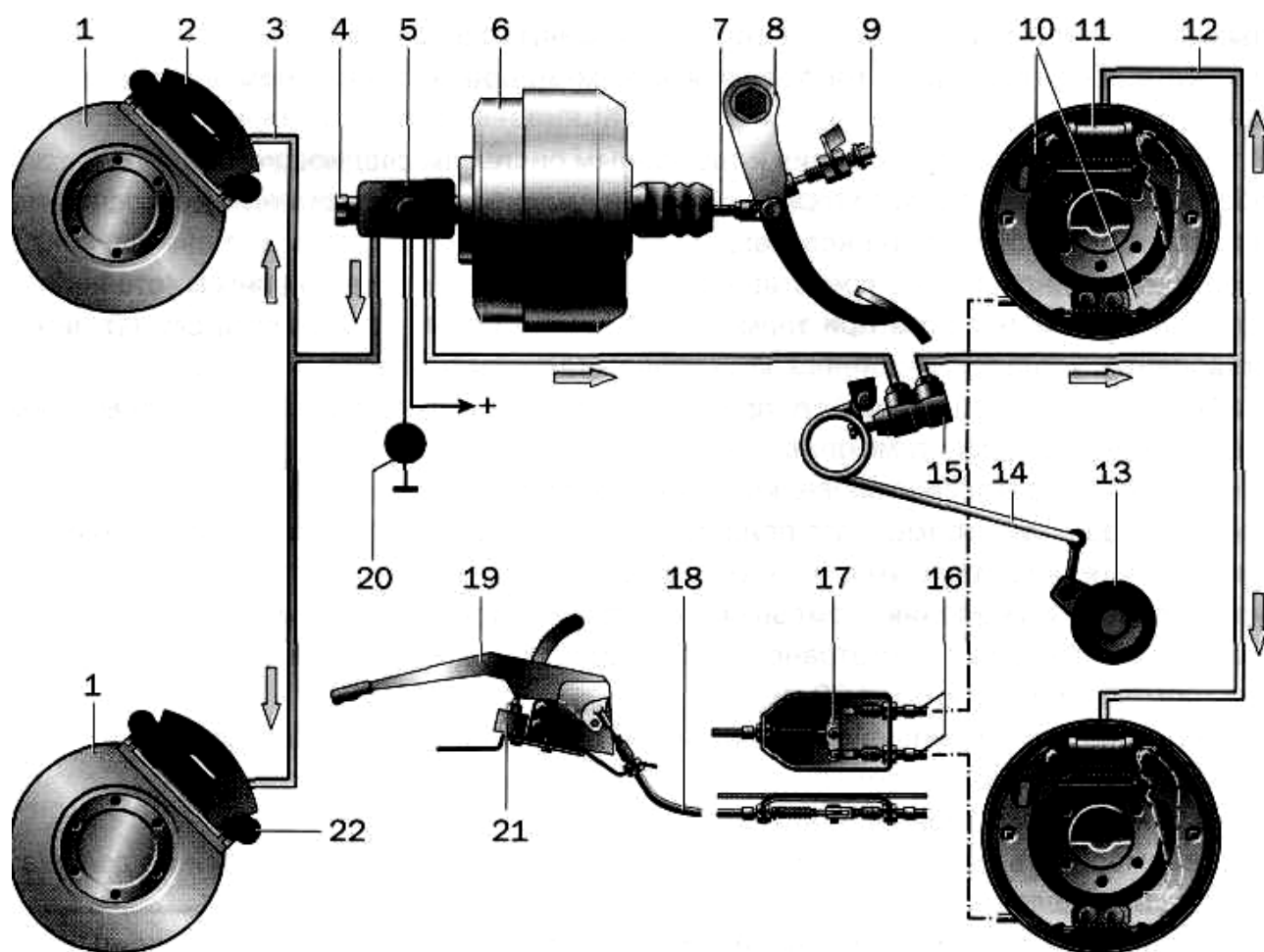


Рис. 39 - Принципиальная схема рабочей тормозной системы автомобиля:

1 — тормозной диск; 2 — скоба тормозного механизма передних колес; 3 — передний контур; 4 — главный тормозной цилиндр; 5 — бачок с датчиком аварийного падения уровня тормозной жидкости; 6 — вакуумный усилитель; 7 — толкатель; 8 — педаль тормоза; 9 — выключатель света торможения; 10 — тормозные колодки задних колес; 11 — тормозной цилиндр задних колес; 12 — задний контур; 13 — кожух полуоси заднего моста; 14 — нагрузочная пружина; 15 — регулятор давления; 16 — задние тросы; 17 — уравниватель; 18 — передний (центральный) трос; 19 — рычаг стояночного тормоза; 20 — сигнализатор аварийного падения уровня тормозной жидкости; 21 — выключатель сигнализатора стояночного тормоза; 22 — тормозная колодка передних колес

Рабочая тормозная система, как и стояночная и запасная, состоит из тормозных механизмов и тормозного привода. На легковых автомобилях, малотоннажных грузовых автомобилях и микроавтобусах, применяют усилитель тормозов, а также другие устройства, повышающие эффективность тормозных систем и устойчивость при торможении. Многие автотранспортные средства имеют антиблокировочную систему тормозов (АБС), входящую в состав тормозного привода (рис. 39).

При нажатии тормозной педали увеличивается давление жидкости в

тормозном приводе, в том числе в тормозных цилиндрах колесных тормозных механизмов. Срабатывание тормозных механизмов приводит к замедлению вращения колес и появлению тормозных сил в точке контакта шин с дорогой.

**Запасная тормозная система** должна использоваться при отказе или неисправности рабочей тормозной системы. Она может быть менее эффективной, чем рабочая тормозная система. При этом считается, что в рабочей системе одновременно может произойти отказ не более чем одного элемента тормозного привода или механизма. В случае отсутствия на автомобиле специальной автономной запасной тормозной системы ее функции может выполнять исправная часть рабочей тормозной системы (например, один из контуров тормозного привода рабочей тормозной системы с соответствующими тормозными механизмами) или стояночная тормозная система. Важное требование к запасной тормозной системе — наличие следящего действия, т. е. пропорциональности между усилием на педали (рычаге) и тормозным моментом на колесах автомобиля. По этому требованию стояночная тормозная система большинства легковых автомобилей (управляемая рычагом) не может быть признана в качестве запасной тормозной системы.

На прицепных транспортных средствах наличие запасной тормозной системы не требуется. Считается, что торможение автопоезда при отказе рабочей системы прицепа будет обеспечиваться исправной рабочей тормозной системой тягача. В то же время рабочая тормозная система прицепа всегда проектируется с таким расчетом, чтобы в случае отрыва прицепа от тягача осуществлялось аварийное полное экстренное торможение прицепа с эффективностью, не менее чем предусмотрено для запасной тормозной системы автомобиля. К легким прицепам категорий 01 и 02, оборудованным тормозом наката, требование аварийного торможения не предъявляется, однако они должны быть снабжены страховочной цепью или тросом, соединяющим прицеп с автомобилем и обеспечивающим некое остаточное управление

прицепом после его отрыва от тягача.

Стояночная тормозная система обычно приводится в действие от рычага (рукоятки) рукой водителя. Иногда стояночная система приводится в действие ногой от специальной педали. Удержание транспортного средства на уклоне должно производиться как на участке подъема так и участка спуска дороги. Стояночная система должна удерживать автомобиль или прицеп (полуприцеп) на уклоне определенной величины неограниченно долгое время. В связи с этим использование, например, гидравлики или пневматики в тормозных механизмах стояночной системы невозможно из-за опасности утечки жидкости или воздуха течением времени. Привод тормозных механизмов стояночной системы у современных транспортных средств может быть механическим, от рычага (педали) через тросы (тяги) и рычаги, электрическим, пневматическим и т. д.

Для обеспечения тормозной эффективности достаточно использовать тормозные механизмы наиболее нагруженной оси или нескольких осей транспортного средства. Обычно для этой цели используют заднюю ось или заднюю тележку грузового автомобиля или автобуса, заднюю ось или две задние оси соответственно двух- или трехосного полуприцепа. На легковых автомобилях и прицепах нагрузка на переднюю и заднюю оси распределяется почти одинаково. Поэтому у них стояночная система обычно выполнена с использованием задних, неуправляемых колес, что конструктивно несколько проще. Хотя принципиально возможна и технически реализована некоторыми фирмами стояночная тормозная система на передних колесах легкового автомобиля (например, некоторые автомобили *SAAB*).

Вспомогательная тормозная система, ограничивающая скорость движения автомобиля на длительных спусках, выполняется не зависимой от других тормозных систем.

Транспортное средство при движении под уклон начинает постепенно разгоняться, достигая скорости, опасной с точки зрения водителя для безопасного движения. Водитель притормаживает, используя рабочую

тормозную систему, снижая скорость до безопасной. Через некоторое время автомобиль вновь разгоняется и цикл притормаживания повторяется. За путь движения с перевала длиной 5-20 км циклы притормаживания рабочей системой многократно повторяются. Это сопровождается износом шин, тормозных накладок и — самое главное — увеличением температуры тормозных механизмов, в первую очередь тормозных накладок. При разогреве накладок тормозных механизмов снижается коэффициент трения накладки о тормозной барабан, а следовательно, и тормозная эффективность тормозного механизма. В результате эффективность торможения автомобиля в начале спуска с горы и в конце, при прочих равных условиях, совершенно различная. Резкое ухудшение тормозных свойств автомобиля с горячими тормозными механизмами может привести к дорожно-транспортному происшествию с тяжелыми последствиями.

Поэтому была разработана для тяжелых автомобилей и автопоездов такая тормозная система, которая обеспечивает длительное движение на спуске с небольшой постоянной скоростью без использования (и разогрева) механизмов рабочей тормозной системы. Последние должны оставаться в холодном состоянии и готовности выполнить в любой момент торможение с максимальной эффективностью.

Такой системой является вспомогательная (второе название — износостойкая) тормозная система. Вспомогательная система не может снизить скорость автомобиля до нуля. По нормативным документам эффективность вспомогательной тормозной системы считается достаточной, если на уклоне в 7 % длиной 7 км скорость автомобиля поддерживается на уровне (30+5) км/ч.

Конструктивно вспомогательная тормозная система выполняется сейчас тремя способами: моторный тормоз, гидравлический тормоз-замедлитель и электрический тормоз-замедлитель. Следует иметь в виду, что в качестве тормоза-замедлителя на каждом автомобиле можно использовать двигатель, работающий на режиме холостого хода (так называемое торможение

двигателем). Тормозной момент, создаваемый в этом случае двигателем, увеличивается при включении низших передач в коробке. Однако тормозной момент, развиваемый двигателем, работающим на холостых оборотах, небольшой и не обеспечивает необходимого замедления автомобиля большой массы.

Более эффективный моторный тормоз (горный тормоз) представляет собой двигатель автомобиля, оборудованный дополнительными устройствами выключения подачи топлива и поворота заслонок в выпускном трубопроводе, создающих дополнительное сопротивление.

При торможении водитель с помощью пневматического привода поворачивает заслонку в трубе глушителя в закрытое положение и перемещает рейку топливного насоса высокого давления в положение нулевой подачи топлива в двигатель. Вследствие этих действий двигатель автомобиля глушится (но вращение коленчатого вала не прекращается) и становится невозможным выпуск воздуха из цилиндров через выпускной тракт. В такте выпуска поршень стремится вытолкнуть воздух через выпускной трубопровод. При этом поршень испытывает сопротивление, многократно сжимая воздух. Следствием этого сопротивления перемещению поршня является замедление вращения коленчатого вала, и, следовательно, передача от него через трансмиссию тормозного момента к ведущим колесам автомобиля.

Гидравлический тормоз-замедлитель представляет собой устройство из двух лопастных колес, не связанных жестко друг с другом, но расположенных друг напротив друга на небольшом расстоянии. Лопастные колеса установлены в отдельном корпусе или встроены в гидромеханическую передачу (ГМП). Одно лопастное колесо установлено на вале трансмиссии, например на карданном, и вращается вместе с ним, а второе колесо неподвижно и соединено с корпусом тормоза. Для создания сопротивления вращению карданного вала корпус с помощью специального насоса наполняется маслом. Масло разгоняется лопастями вращающегося колеса, перетекает на лопасти

неподвижного колеса, где его скорость резко замедляется и затем повторно поступает на лопатки вращающегося колеса. При попадании масла на лопатки быстро вращающегося лопастного колеса вращение последнего замедляется, а образующийся тормозной момент через трансмиссию подводится к ведущим колесам автомобиля. Нагреваемое в корпусе тормоза-замедлителя масло охлаждается в специальном радиаторе. Для выключения тормоза масло удаляют из корпуса. Гидрозамедлитель может обеспечить несколько ступеней интенсивности торможения, если устанавливается перед коробкой передач. Чем ниже передача, тем эффективнее происходит торможение.

### **6.3. Тормозные механизмы**

Тормозной механизм предназначен для создания тормозного момента, препятствующего вращению колеса автомобиля или элемента трансмиссии, соединенного с колесом. Наиболее распространенными тормозными механизмами являются фрикционные, принцип действия которых основан на трении вращающихся деталей о неподвижные. По форме вращающихся деталей фрикционные тормозные механизмы делятся на барабанные и дисковые. Невращающимися деталями барабанных тормозов могут быть колодки или ленты, дисковых тормозов — только колодки.

Наиболее распространенное место размещения тормозного механизма — внутри колеса (хотя это и увеличивает неподрессоренные массы), поэтому такие механизмы называются колесными. Иногда тормозные механизмы располагаются в трансмиссии автомобиля, например за коробкой передач или раздаточной коробкой, перед главной передачей или на полуосях. Такие механизмы называются трансмиссионными.

Тормозной механизм любого типа должен создавать максимальный тормозной момент, мало зависящий от направления вращения тормозного диска или барабана, замасливания или попадания влаги на фрикционные

поверхности, их температуры. Зазор между фрикционными поверхностями тормоза должен быть минимальным для быстрого срабатывания механизма при торможении. Вследствие изнашивания фрикционной поверхности колодки или ленты зазор в эксплуатации неизбежно увеличивается. Поэтому любой фрикционный тормозной механизм должен иметь устройство, позволяющее автоматически или вручную восстанавливать первоначальный минимальный зазор.

Наименее распространены в настоящее время на автомобилях **ленточные барабанные тормозные механизмы** (рис. 40). Они состоят из вращающегося барабана и неподвижной ленты. Во время торможения лента прижимается к барабану, создавая тормозной момент.

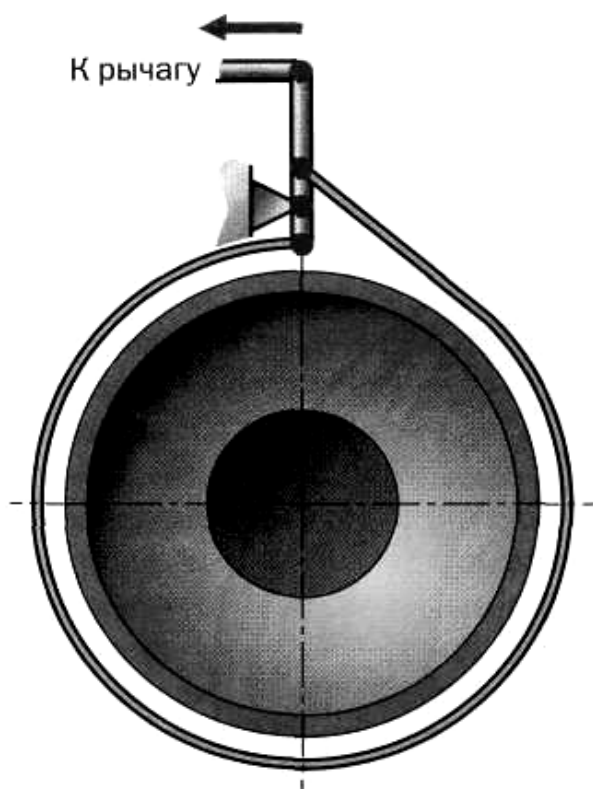


Рис. 40 - Ленточный барабанный тормозной механизм

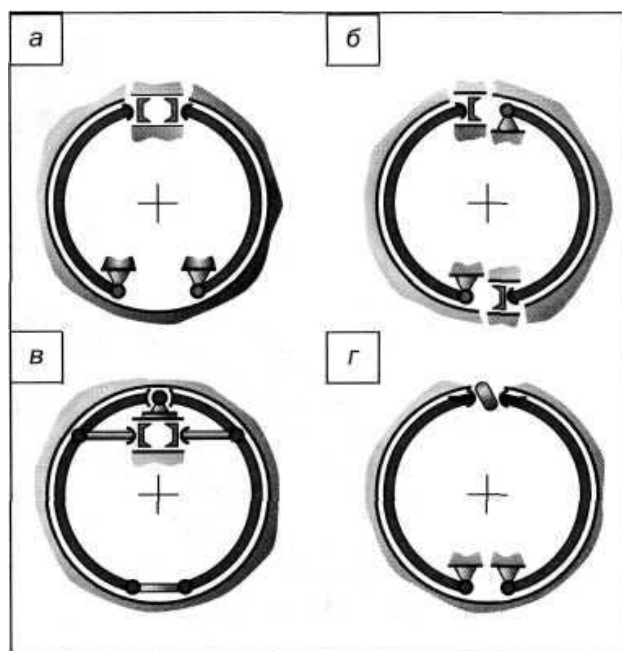


Рис. 41 - Колодочные барабанные тормозные механизмы:

а — механизм с односторонними опорами; б — с разнесенными опорами; в — механизм с самоусилением; г — механизм с разжимным кулачком



Отрицательным свойством ленточного механизма являются большие дополнительные радиальные нагрузки, действующие при торможении на опоры барабана, и невозможность получения плавного торможения. Из-за малой жесткости ленты зазор между ней и барабаном должен быть большим, что увеличивает ход тормозной педали и снижает быстродействие тормоза. Устройства для регулирования зазоров в ленточных тормозах сложны, ненадежны в работе и требуют частого обслуживания. Из-за указанных недостатков ленточные тормоза редко применяют на современных транспортных средствах (только иногда в стояночных тормозных системах).

**Колодочные барабанные тормозные механизмы**, несмотря на свою внешнюю схожесть, существенно отличаются друг от друга по конструкции и свойствам. На рис. 41 приведены основные схемы барабанных колодочных тормозов. В основном они различаются по расположению опор колодок и характеру приводных сил, раздвигающих колодки и прижимающих их к барабану изнутри. Различие в конструкции предопределяет и различие в свойствах.

На рис. 42 показан **барабанный тормоз с равными приводными силами и односторонним расположением опор колодок**.

Опорный диск закреплен на балке моста. В нижней части опорного диска установлены два пальца, на которых закреплены эксцентрикующие шайбы. Положение пальцев фиксируют гайками. На эксцентрикующие шайбы надеты нижние концы колодок. Регулировочные эксцентрики закреплены на опорном диске болтами, удерживаемыми от произвольного проворачивания предварительно сжатыми пружинами. Стяжная пружина прижимает каждую колодку к ее регулировочному эксцентрику. Пружина фиксирует регулировочный эксцентрик в любом положении при повороте его за головку болтов. Таким образом, каждая колодка центрируется относительно тормозного барабана регулировочными эксцентриками и эксцентрикующими шайбами пальцев. Верхние концы колодок соприкасаются с поршнями рабочего цилиндра. От боковых смещений колодки удерживаются направляющими скобами с пластинчатыми пружинами. Длина фрикционных накладок,

прикрепленных к передним и задним колодкам, неодинакова. Накладка передней колодки длиннее задней. Сделано это для обеспечения равномерного износа накладок, т. к. передняя колодка работает большее время как первичная и создает больший тормозной момент, чем задняя. Барабан тормоза прикреплен к ступице колеса. Для удобства доступа к колодкам барабан сделан съемным.

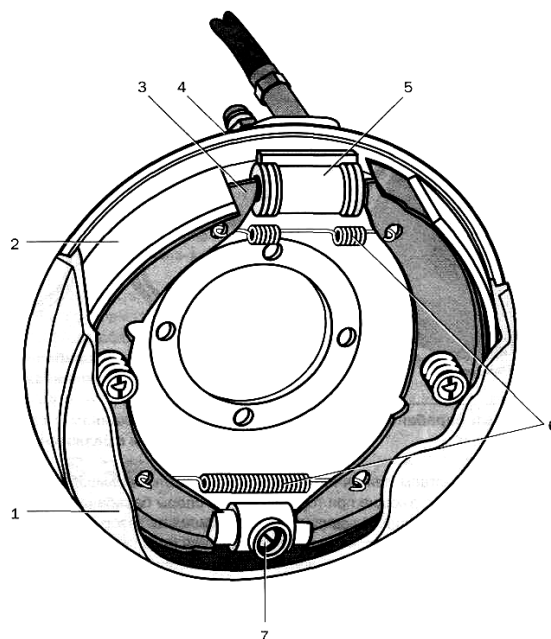


Рис. 42 - Барабанный механизм с равными приводными силами и односторонним расположением опор колодок:

1 — тормозной барабан; 2 — фрикционная накладка; 3 — колодка; 4 — тормозной щит; 5 — тормозной цилиндр; 6 — возвратные (стяжные) пружины; 7 — эксцентрик регулировки тормоза

При торможении давление жидкости в колесном цилиндре раздвигает поршни в противоположном направлении, они воздействуют на верхние концы колодок, которые преодолевают усилие пружины и прижимаются к барабану. При растормаживании давление в цилиндре уменьшается и благодаря возвратной пружине, колодки сводятся в первоначальное положение.

В механизме имеется специальный приводной рычаг, соединенный верхним концом с одной тормозной колодкой, а через планку — с другой. К нижнему концу рычага присоединяется трос стояночного привода. При вытягивании троса рычаг поворачивается и прижимает к барабану сначала одну колодку, а затем через планку другую.

Тормоз автомобиля с разнесенными опорами выполнен по схеме (см. рис.

41, б). Он имеет две одинаковые тормозные колодки, каждая из которых установлена на соответствующем опорном пальце. Колодки стягиваются пружинами. Концы колодок соприкасаются с поршнями колесных цилиндров. Рабочие цилиндры соединены с главным тормозным цилиндром и между собой трубопроводом. Механизм имеет автоматическое устройство регулирования зазора.

Опорный диск **сервотормоза** (см. рис. 41, в) укреплен на коробке передач; на нем установлены две колодки, разжимной и регулировочный механизмы. Верхние концы колодок прижаты стяжными пружинами к толкателям разжимного механизма, а нижние — к опорам регулировочного механизма. Усилие стяжных пружин левой колодки меньше, чем усилие пружин правой колодки. Сухарь регулировочного механизма может перемещаться вместе с опорами колодок на 3 мм относительно винта. В расторможенном положении сухарь прижат к корпусу сильными пружинами и указанный зазор устанавливается со стороны левой колодки.

При перемещении тормозного рычага усилие от него через тягу передается на двуплечий рычаг. Положение тормозного рычага в заторможенном состоянии фиксируется защелкой на зубчатом секторе. Короткое плечо двуплечего рычага давит при этом на разжимной стержень, который, вдвигаясь в корпус, разводит шариками толкатели обеих колодок. Первой к барабану прижимается левая колодка, имеющая более слабые стяжные пружины. Если торможение происходит при движении автомобиля вперед, то эта колодка захватывается барабаном и ее нижний конец перемещает правую колодку до ее соприкосновения с барабаном (перемещение колодки, которое не превышает 3 мм, происходит против хода часовой стрелки). Обе колодки работают как первичные, причем приводным усилием для правой колодки является сила трения, передаваемая от левой колодки. Так как тормозной момент трансмиссионного стояночного тормоза увеличивается главной передачей, то его размеры получаются меньше, чем размеры колесных

тормозов или тормозов, установленных после межколесного дифференциала.

**Тормоз с равными перемещениями колодок** (см. рис. 41, г). Колодки опираются на оси с эксцентричными шейками. Оси установлены и зафиксированы гайками в кронштейнах, приклепанных к опорному диску. При монтаже тормоза обеспечивается поворачивание оси и тем самым смещение конца колодки относительно барабана. Стяжной пружиной колодки прижимаются к разжимному кулаку. К колодкам приклепаны по две фрикционные накладки. Тормозной барабан отлит из чугуна и прикреплен к ступице колеса шпильками. Разжимной кулак изготовлен как одно целое с валом и установлен в кронштейне. На шлицевом конце вала закреплен рычаг. В рычаге размещена червячная передача, служащая для регулирования зазора в тормозном механизме.

В расторможенном состоянии между колодками и барабаном имеется зазор. При торможении давление воздуха воспринимается мембраной тормозной камеры, установленной на кронштейне, и ее шток поворачивает за рычаг вал с разжимным кулаком. Колодки прижимаются к барабану, вызывая торможение колеса. Профиль разжимного кулака выполнен так, чтобы обеспечивать перемещение на одинаковые расстояния концов колодок. Этим достигается уравновешенность тормозного механизма, равные тормозные моменты и износ колодок.

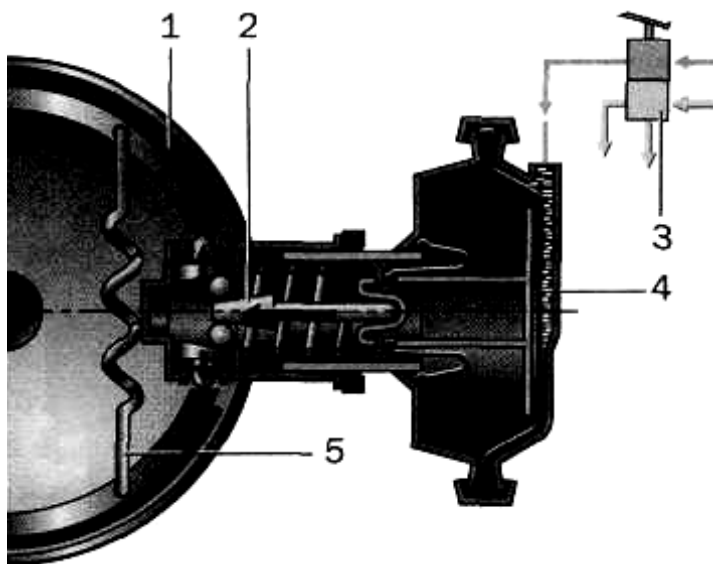


Рис. 42 - Тормозной механизм с клиновым разжимным устройством и автоматической регулировкой зазора:

1 — колодка; 2 — разжимной клин; 3 — тормозной кран; 4 — тормозная камера;  
5 — пружина

На ряде автомобилей применены тормозные механизмы с клиновым разжимным устройством и автоматической регулировкой зазора (рис. 42).

На опорном диске закреплен суппорт, в цилиндрические отверстия которого вставлены два толкателя. Внутри каждого толкателя размещены регулировочные втулки. На наружной поверхности каждой регулировочной втулки нанесена спиральная нарезка с треугольным профилем зубьев, а на внутренней поверхности нарезана резьба, в которую ввернут регулировочный винт. При первоначальной регулировке тормозных механизмов поворотом регулировочных винтов устанавливают зазор между тормозным барабаном и колодками, величина которого затем поддерживается автоматически. К регулировочным втулкам прижаты храповики, которые имеют зубья, находящиеся в зацеплении с наружными зубьями регулировочных втулок.

Разжимное устройство состоит из клина, двух роликов (оси которых размещены в сепараторе), упорной шайбы и грязезащитного колпака. При торможении на клин передается сила от штока тормозной камеры, вследствие чего он перемещается в осевом направлении и посредством роликов раздвигает толкатели. Перемещающиеся при этом регулировочные втулки и винты прижимают колодки к барабану, а собачка храповиков перескакивает через зубья регулировочных втулок. Когда происходит растормаживание и толкатели со связанными с ними деталями двигаются в обратном направлении, регулировочные втулки поворачиваются под действием усилия, возникающего в зацеплении между собачками храповиков и втулок, в результате чего винты вывертываются. Между колодками и барабаном устанавливаются необходимые зазоры. При увеличении зазора между колодками и барабаном собачки храповика попадают в зацепление с другой парой зубьев регулировочной втулки, что автоматически восстанавливает зазор в тормозном механизме.

Известны конструкции барабанных тормозных механизмов, применявшихся совместно с электрическим тормозным приводом (рис. 43).

Тормозные барабаны колесных и трансмиссионных тормозов обычно

отливают из серого чугуна. У некоторых тормозов диск барабана отштампован из листовой стали и соединен с чугунным барабаном при отливке в неразъемную конструкцию. Тормозные барабаны легковых автомобилей выполняют из алюминиевого сплава с залитым внутрь чугунным кольцом. На барабанах иногда делают ребра, увеличивающие жесткость конструкции и улучшающие отвод теплоты. Колодки барабанных тормозов для жесткости в сечении имеют тавровую форму. Иногда колодка опирается свободно нижним концом на площадку и не фиксируется. Такая колодка самоустанавливается относительно барабана при торможении. Фрикционные накладки изготавливают из материалов, обладающих большим коэффициентом трения (до 0,4), большой теплостойкостью и хорошей сопротивляемостью изнашиванию. Раньше накладки в горячем состоянии формовали в основном из волокнистого асбеста в смеси с органическими связывающими веществами (смолами, каучуком, маслами). Сейчас использование асбеста в тормозных накладках законодательно запрещено, т. к. асбест признан канцерогенным материалом.

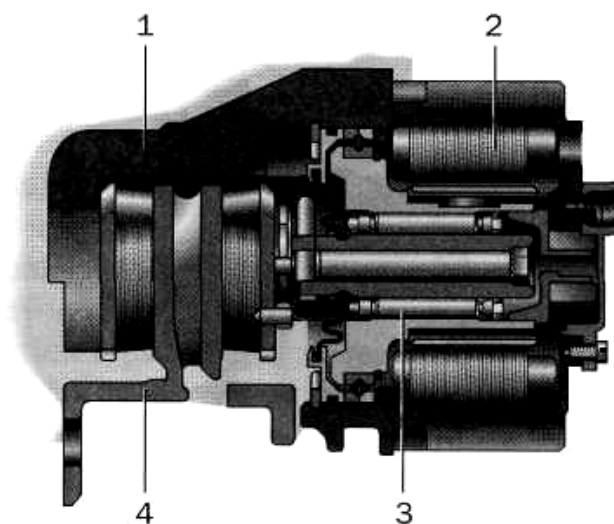


Рис. 43 - Дисковый тормозной механизм с электрическим приводом:  
1 — скоба; 2 — обмотка; 3 — шток; 4 — тормозной диск

**Дисковый тормозной механизм** (рис. 44) состоит из вращающегося диска, двух неподвижных колодок, установленных с обеих сторон диска внутри суппорта, закрепленного на кронштейне цапфы. По сравнению с колодочными

тормозами барабанного типа дисковые тормозные механизмы обладают лучшими эксплуатационными свойствами, а поскольку передние колеса требуют при торможении приложения более значительных тормозных усилий, то установка передних колес этими дисковыми тормозами улучшает эксплуатационные качества автомобиля. Если тормозной привод гидравлический, то внутри суппорта находится один или несколько гидравлических цилиндров с поршнями. Если привод пневматический, то суппорт имеет клиновое или иное прижимное устройство. При торможении неподвижные колодки прижимаются к вращающемуся диску, появляются сила трения и тормозной момент. Дисковый тормозной механизм хорошо вписывается в колесо, имеет небольшое число элементов и малую массу.

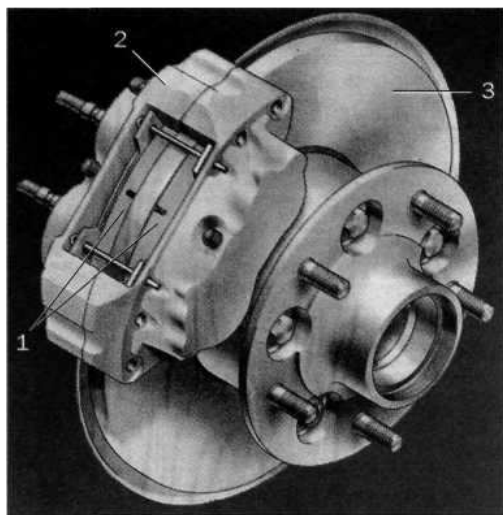


Рис. 44 - Дисковый тормозной механизм:  
1 — колодки; 2 — суппорт; 3 — диск

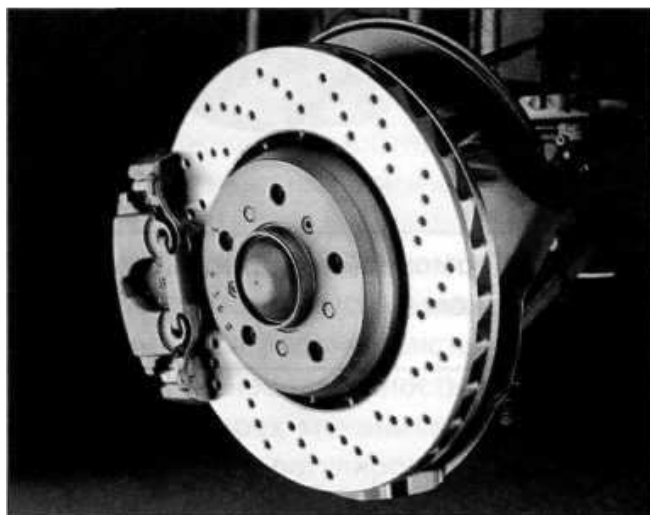


Рис. 45 - Тормозной механизм  
с вентилируемым диском

Этот тормозной механизм обладает высокой стабильностью своих характеристик.

Дисковые тормоза получают все большее распространение в рабочих тормозных системах. Чугунный диск установлен на ступице колеса. С внутренней стороны диск охватывается суппортом, укрепленным на кронштейне поворотной цапфы. В пазах суппорта установлены рабочие цилиндры. В обработанных с высокой точностью отверстиях цилиндров

размещены поршни. Тыльные части цилиндров соединены трубкой между собой и с главным тормозным цилиндром. Суппорты бывают с односторонними или двусторонними поршнями. Если суппорт имеет односторонние поршни, они располагаются с внутренней стороны, где обеспечивается лучшее охлаждение.

При торможениях тормозной диск, колодки и суппорт сильно нагреваются, что может привести к снижению тормозной эффективности. Охлаждение осуществляется набегающим потоком воздуха. Для лучшего отвода тепла в диске колеса иногда делают отверстия, а диск тормозного механизма выполняют с вентилируемой внутренней поверхностью (рис. 45).

У скоростных автомобилей для интенсивного обдува тормозного механизма выполняют специальные аэродинамические устройства в виде воздухозаборников. На гоночных автомобилях применяют керамические диски, стойкие к перегреву, обеспечивающие хорошую эффективность торможения и высокую долговечность. В последнее время керамические тормозные диски (рис. 46) начали применять и на некоторых автомобилях серийного производства.

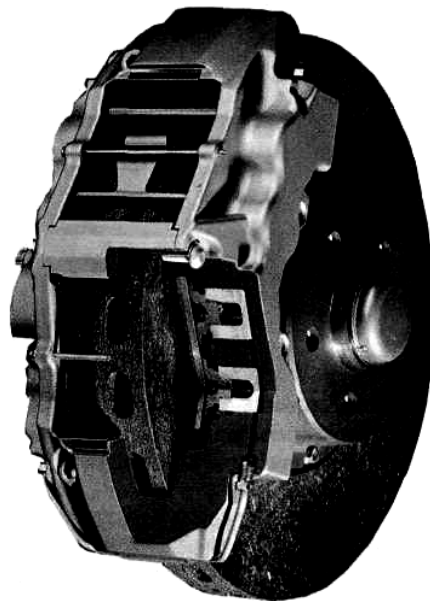


Рис. 46 - Тормозной механизм с керамическим диском

Поршни обоих цилиндров соприкасаются с тормозными колодками,



надетыми своими отверстиями на специальные направляющие пальцы суппорта, или вставленными в направляющие пазы. Для предотвращения дребезжания колодок, они прижимаются к суппорту пружинными элементами различных конструкций. К колодкам приклеены фрикционные накладки. На внутренней поверхности каждого цилиндра проточены канавки, в которых установлены резиновые уплотнительные кольца. Эти кольца не только предотвращают утечку тормозной жидкости из цилиндров, но и обеспечивают (за счет упругости) после торможения отвод поршней от колодок, автоматически поддерживая в необходимых пределах (0,05-0,08 мм) зазор между диском и колодками. Цилиндры закрыты резиновыми пылезащитными чехлами. С внутренней стороны тормоз закрыт кожухом. Некоторые колодки укомплектованы датчиком износа, который при минимально допустимом износе колодки замыкает цепь сигнального устройства, информирующего водителя о необходимости замены колодок.

#### **6.4. Тормозной привод**

Тормозной привод необходим для управления тормозными механизмами, т.е. для их включения, выключения и изменения режима работы. В настоящее время в тормозных системах применяются механический, гидравлический, пневматический, электрический, вакуумный и смешанный типы приводов. К смешанным относят пневмогидравлический, электропневматический, электрогидравлический, пневмомеханический и, наконец, более сложный — гидропневмогидравлический приводы. Все приводы имеют свои преимущества и недостатки и поэтому применяются в различных тормозных системах на разных типах автотранспортных средств.

Тормозной привод должен обеспечивать легкое, быстрое и одновременное приведение в действие тормозных механизмов. Он должен распределять приводное усилие между механизмами осей или колес в

соответствии с изменением вертикальной нагрузки, приходящейся на них. Привод также должен обеспечивать пропорциональность между усилием на педали или рычаге и силами, приводящими тормоз в работу, иметь высокий КПД, быть несложным и надежным в эксплуатации. Наконец, привод должен обеспечивать движение колеса при торможении без полного блокирования.

**Механический тормозной привод** представляет собой систему тяг, рычагов, тросов, шарниров и т. п., соединяющих тормозную педаль с тормозными механизмами. До середины 1940-х гг. такой привод применялся в рабочей и стояночной тормозных системах. Главное преимущество механического привода — простота и надежность конструкции. В простейшем виде он состоит из тормозной педали, установленной в кабине водителя, соединенной тягами или тросами с разжимным устройством механического типа (см. рис. 40) колесных или трансмиссионных тормозов.

С установкой тормозных механизмов на все четыре колеса, вместо использовавшихся ранее двух, механический привод перестал применяться в рабочей системе. Это объясняется сложностью компоновки привода, а главное — невозможностью достигнуть в эксплуатации одновременного срабатывания всех четырех механизмов и сложностью распределения приводных сил между осями. Тщательные регулировки давали лишь кратковременный эффект. Множество шарнирных соединений и опор в механическом приводе приводило к большим потерям на трение. Этими потерями объясняется низкий КПД механического привода. Если в приводе используются тросы, то необходимы частые регулировки, т.к. тросы вытягиваются. Перечисленные недостатки определяют непригодность механического привода для рабочих тормозных систем современных колесных транспортных средств. Однако из-за неограниченного времени действия при удержании автомобилей и прицепов на уклонах и стоянках привод широко применяется в стояночных тормозных системах.

Обычный механический привод стояночной системы работает

следующим образом (рис. 47). Для удержания автомобиля на стоянке водитель перемещает рычаг тормоза на себя. Это перемещение через тягу передается на уравнивательный рычаг, который вытягивает тросы, проложенные к обоим тормозным механизмам задних колес.

В тормозном механизме имеется специальный приводной рычаг, соединенный одним своим концом с тормозной колодкой, а через планку — с другой колодкой. При вытягивании троса рычаг поворачивается и разводит колодки, прижимая их к барабану. В затянутом положении тяга и тросы удерживаются защелкой, входящей в зубья храпового механизма. Для растормаживания механического привода водитель немного приподнимает рычаг, утапливает в рукоятке кнопку и, удерживая ее в нажатом положении, опускает рычаг вниз. При нажатии кнопки фиксирующая защелка выходит из зацепления с зубьями механизма. Уравнивательный рычаг обеспечивает подачу к обоим тормозам одинаковых приводных усилий и прижатие их колодок к барабану с одинаковыми силами.

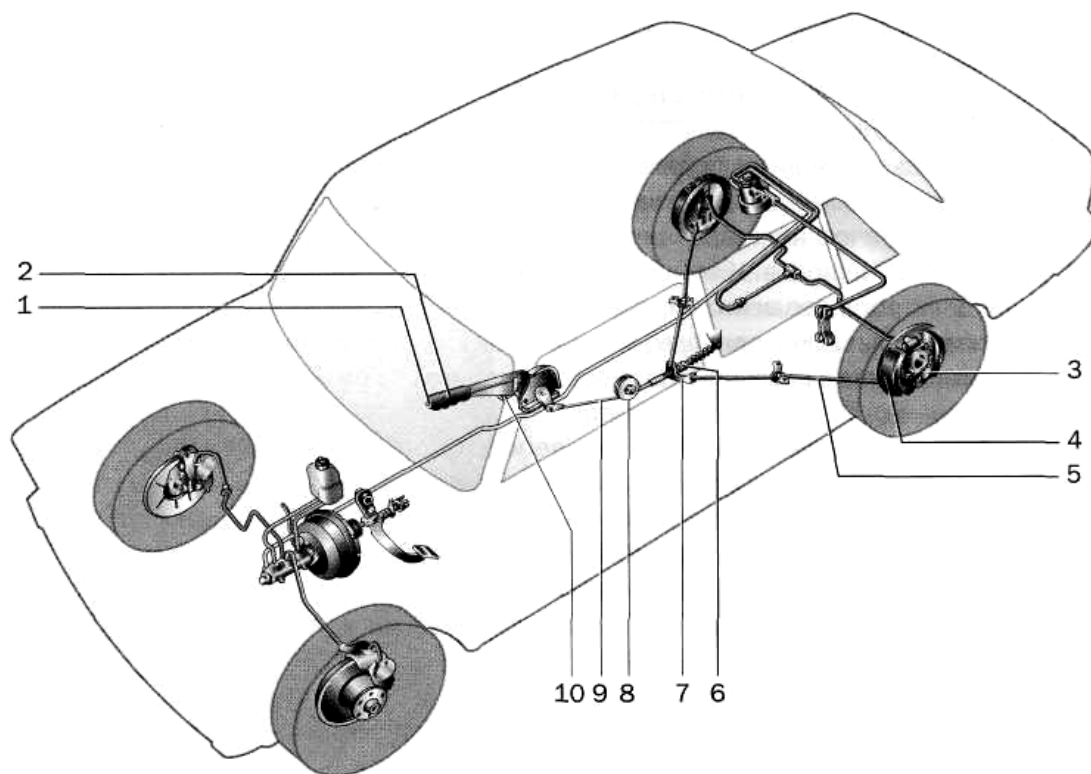


Рис. 47 - Механический привод стояночной тормозной системы:

- 1 — кнопка рычага привода стояночного тормоза; 2 — рычаг привода стояночного тормоза;
- 3 — рычаг ручного привода колодок; 4 — задние тормозные колодки; 5 — задний трос;
- 6 — регулировочная гайка с контргайкой; 7 — уравниватель заднего троса;
- 8 — направляющий ролик; 9 — передний трос; 10 — упор выключателя сигнализатора включения стояночного тормоза

Привод стояночной тормозной системы современных автомобилей и прицепов с энергоаккумулятором относится к пневматическому типу привода.

Энергоаккумулятор представляет собой мощную пружину, установленную внутри цилиндра и воздействующую на поршень со штоком. Поршень поднимается и опускается при изменении давления воздуха в цилиндре, которое водитель осуществляет специальным краном. При отсутствии давления воздуха под поршнем, пружина перемещает его со штоком в крайнее положение, что приводит к раздвиганию колодок клиновым или кулачковым механизмом и к затормаживанию автомобиля на стоянке. Пружина может удерживать автомобиль неограниченно долго. Для растормаживания воздух от крана подается под поршень, который переводится в первоначальное положение, при котором колодки механизма растормаживаются, а пружина сжимается, запасая энергию для последующего торможения.

**Гидравлический тормозной привод** автомобилей является гидростатическим, т. е. таким, в котором передача энергии осуществляется давлением жидкости. Принцип действия гидростатического привода основан на свойстве несжимаемости жидкости, находящейся в покое, передавать создаваемое в любой точке давление во все другие точки при замкнутом объеме.

Принципиальная схема гидропривода тормозов показана на рис. 39. Привод состоит из главного тормозного цилиндра, поршень которого связан с тормозной педалью, колесных цилиндров тормозных механизмов передних и задних колес, трубопроводов и шлангов, соединяющих все цилиндры, педали управления и усилителя приводного усилия. Трубопроводы, внутренние полости главного тормозного и всех колесных цилиндров заполнены тормозной жидкостью. Показанные на рисунке регулятор тормозных сил и модулятор антиблокировочной системы, при их установке на автомобиле, также входят в состав гидропривода.

При нажатии педали поршень главного тормозного цилиндра вытесняет

жидкость в трубопроводы и колесные цилиндры. В колесных цилиндрах тормозная жидкость заставляет переместиться все поршни, вследствие чего колодки тормозных механизмов прижимаются к барабанам (или дискам). Когда зазоры между колодками и барабанами (дисками) будут выбраны, вытеснение жидкости из главного тормозного цилиндра в колесные станет невозможным. При дальнейшем увеличении силы нажатия на педаль в приводе увеличивается давление жидкости и начинается одновременное торможение всех колес. Чем большая сила приложена к педали, тем выше давление, создаваемое поршнем главного тормозного цилиндра на жидкость и тем большая сила воздействует через каждый поршень колесного цилиндра на колодку тормозного механизма. Таким образом, одновременное срабатывание всех тормозов и постоянное соотношение между силой на тормозной педали и приводными силами тормозов обеспечиваются самим принципом работы гидропривода. У современных приводов давление жидкости при экстренном торможении может достигать 10-15 МПа.

При отпускании тормозной педали она под действием возвратной пружины перемещается в исходное положение. В исходное положение своей пружины возвращается также поршень главного тормозного цилиндра, стяжные пружины механизмов отводят колодки от барабанов (дисков). Тормозная жидкость из колесных цилиндров по трубопроводам вытесняется в главный тормозной цилиндр.

Преимуществами гидравлического привода являются быстрота срабатывания (вследствие несжимаемости жидкости и большой жесткости трубопроводов), высокий КПД, т. к. потери энергии связаны в основном с перемещением маловязкой жидкости из одного объема в другой, простота конструкции, небольшие масса и размеры вследствие большого приводного давления, удобство компоновки аппаратов привода и трубопроводов; возможность получения желаемого распределения тормозных усилий между осями автомобиля за счет различных диаметров поршней колесных цилиндров.

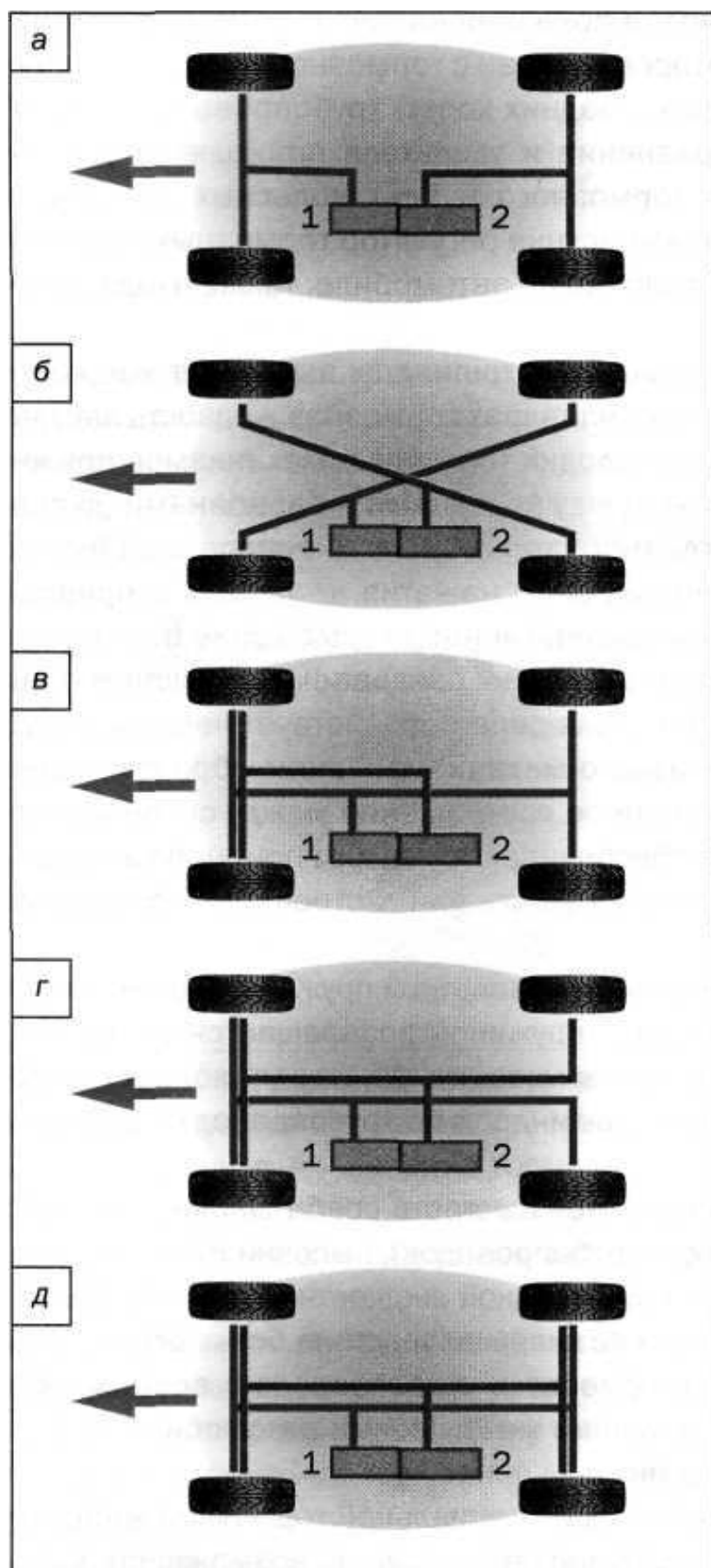


Рис. 48 - Способы разделения тормозного привода на два (1 и 2) независимых контура

Недостатками гидропривода являются: потребность в специальной тормозной жидкости с высокой температурой кипения и низкой температурой загустевания; возможность выхода из строя при разгерметизации вследствие утечки жидкости при повреждении, или выхода из строя при попадании в привод воздуха (образование паровых пробок); значительное снижение КПД при низких температурах (ниже минус 30°C); трудность использования на автопоездах для непосредственного управления тормозами прицепа.

Для использования в гидроприводах выпускаются специальные жидкости, называемые тормозными. Тормозные жидкости изготавливают на разных основах, например спиртовой, гликолевой или масляной. Их нельзя смешивать между собой из-за ухудшения свойств и образования хлопьев. Во избежание разрушения резиновых деталей тормозные жидкости, полученные из нефтепродуктов, допускается применять только в гидроприводах, в которых уплотнения и шланги выполнены из маслостойкой резины.

Как было сказано выше, для повышения безопасности автомобиля он обязательно оборудуется запасной тормозной системой, которая используется при выходе из строя рабочей системы. При использовании гидропривода он всегда выполняется двухконтурным, причем работоспособность одного контура не зависит от состояния второго. При такой схеме при единичной неисправности выходит из строя не весь привод, а лишь неисправный контур. Исправный контур играет роль запасной тормозной системы, с помощью которой автомобиль останавливается.

Четыре тормозных механизма и их колесные цилиндры могут быть разнесены на два независимых контура различными способами, как показано на рис. 48.

На схеме (рис. 48, а) в один контур объединены первая секция главного цилиндра и колесные цилиндры передних тормозов. Второй контур образован второй секцией и цилиндрами задних тормозов. Такая схема с осевым разделением контуров применяется, например, на автомобилях УАЗ-3160, ГАЗ-

3307. Более эффективной считается диагональная схема разделения контуров (рис. 48), при которой в один контур объединяют колесные цилиндры правого переднего и левого заднего тормозов, а во второй контур — колесные цилиндры двух других тормозных механизмов (ВАЗ-2112). При такой схеме в случае неисправности всегда можно затормозить одно переднее и одно заднее колесо.

В остальных схемах, представленных на рис. 48, после отказа сохраняют работоспособность три или все четыре тормозных механизма, что еще больше повышает эффективность запасной системы. Так, гидропривод тормозов автомобиля Москвич-21412 (рис. 48, в) выполнен с использованием двухпоршневого суппорта дискового механизма на передних колесах с большим и малым поршнями. Как видно из схемы, при отказе одного из контуров исправный контур запасной системы действует либо только на большие поршни суппорта переднего тормоза, либо на задние цилиндры и малые поршни переднего тормоза. В схеме (рис. 48, г) исправным всегда остается один из контуров, объединяющий колесные цилиндры двух передних тормозов и одного заднего (автомобиль **VOLVO**). Наконец, на рис. 48, д показана схема с полным дублированием (**ЗИЛ-41045**), в которой любой из контуров осуществляет торможение всех колес. В любой схеме обязательным является наличие двух независимых главных тормозных цилиндров. Конструктивно чаще всего это бывает сдвоенный главный цилиндр tandemного типа, с последовательно расположенными независимыми цилиндрами в одном корпусе и приводом от педали одним штоком. Но на некоторых автомобилях применяют два обычных главных цилиндра, установленных параллельно с приводом от педали через уравнительный рычаг и два штока.



## Список литературы

1. Вишняков Н.Н., Вахламов В.К., Набрут А.Н. Автомобиль: Основы конструкции – Машиностроение, 1986.
2. Оsepчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль: Анализ конструкции, элементы расчета – Машиностроение, 1989.
3. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление – Машиностроение, 1989.
4. Евграфов А.Н., Высоцкий М.С. Аэродинамика колесного транспорта. НИРУП «Белавтостроение», 2001.
5. Максимов А.Н. Городской электрический транспорт: Троллейбус. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.
6. Конструкция автомобиля. Шасси.: учебник/ под ред. А.Л. Карунина. – М.: Изд-во МГТУ «МАМИ», 2000.
7. Набрут А.Н. Вибрация в автомобиле./ А.Н. Нарбут. – М.: Изд-во МАДИ, 1988.
8. Нарбут А.Н. Гидромеханические передачи автомобилей: в 3 ч./ А.Н. Нарбут. – 2-е изд. - М.: Изд-во МАДИ, 1997-1999.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   | Стр. |
|---|------|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 3    |
| 1.    Общее устройство автомобиля.....                          | 10   |
| 2.    Характеристики двигателя.....                             | 14   |
| 3.    Трансмиссия.....  | 17   |
| 3.1.   Механические трансмиссии.....                            | 18   |
| 3.1.1.   Главная передача.....                                  | 19   |
| 3.1.2   Дифференциал.....                                       | 22   |
| 3.2.   Автоматические трансмиссии.....                          | 24   |
| 4.    Ходовая часть транспортных средств.....                   | 26   |
| 4.1.   Автомобильные колеса.....                                | 26   |
| 4.1.1.   Устройство автомобильного колеса.....                  | 27   |
| 4.2.   Подвеска.....  | 31   |
| 4.3.   Подрессорные и неподрессорные массы.....                 | 33   |
| 4.4.   Схождение и развал колес.....                            | 34   |
| 4.5.   Упругие элементы.....                                    | 36   |
| 4.6.   Стабилизаторы поперечной устойчивости.....               | 42   |
| 4.7.   Амортизаторы.....  | 43   |
| 4.8.   Мосты.....   | 47   |
| 5.    Рулевое управление.....                                   | 53   |
| 5.1.   Общее устройство рулевого управления.....                | 57   |
| 5.2.   Рулевой механизм.....                                    | 60   |
| 5.3.   Рулевой привод.....                                      | 64   |
| 5.4    Усилители рулевого управления.....                       | 66   |
| 6.    Тормозное управление.....                                 | 70   |
| 6.1.   Назначение тормозного управления. Способы торможения.... | 70   |
| 6.2.   Типы тормозных систем. Классификация.....                | 71   |
| 6.3.   Тормозные механизмы.....                                 | 79   |
| 6.4.   Томозной привод.....                                     | 89   |
| Список литературы.....  | 97   |

## УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Конспект лекций по дисциплине «Транспортные средства» Часть 1.  
«Конструкционные свойства транспортных средств». (для подготовки  
бакалавров 1 курса дневной и 2 курса заочной форм обучения направления  
подготовки 6.070101 – «Транспортные технологии»)

Автор: Юлия Витальевна Минеева.

Редактор: О.С. Кравцова

План 2009, поз. 80-л

|   |                   |                 |
|---|-------------------|-----------------|
| Подп. к печати 20.02.2009   | Формат 60×84 1/16 | Бумага офисная  |
| Печать на ризографе   | Усл.-печ. л. 4,1  | Уч.-изд. л. 4,6 |
| Заказ №   | Тираж 50 прим.    |                 |
| 61002, г. Харьков, ХНАГХ, ул. Революции, 12   |                   |                 |
| Сектор оперативной полиграфии ЦНИТ ХНАГХ<br>61002, г. Харьков, ХНАГХ, ул. Революции, 12 |                   |                 |